



TUGAS AKHIR - SF141501

**PENGARUH *VENTED-BOX* TERHADAP *THIELE-SMALL*  
PARAMETER *LOUDSPEAKER***

**WIDIYANA PUSPITA PUTRIE**  
**NRP 0111134000089**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Suyatno M.Si**  
**Susilo Indrawati M.Si**

**Departemen Fisika**  
**Fakultas Ilmu Alam**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**





**TUGAS AKHIR - SF141501**

**PENGARUH *VENTED-BOX* TERHADAP *THIELE-SMALL*  
PARAMETER *LOUDSPEAKER***

**WIDIYANA PUSPITA PUTRIE  
NRP 0111134000089**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si**

**Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



**FINAL PROJECT - SF141501**

## **THE EFFECT OF VENTED-BOX TO THIELE-SMALL PARAMETERS OF LOUDSPEAKER**

**WIDIYANA PUSPITA PUTRIE**  
**NRP. 01111340000089**

**Advisor**  
**Dr. Suyatno M.Si**  
**Susilo Indrawati M.Si**

**Department of Physics**  
**Faculty of Natural Science**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH VENTED-BOX TERHADAP THIELE-SMALL PARAMETER LOUDSPEAKER

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas

Akhir Program Strata 1

Departemen Fisika

Fakultas Ilmu Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**WIDIYANA PUSPITA PUTRIE**

**NRP 01111341000089**

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. Suyatno M.Si**

NIP. 19760620200212.1.004

**Susilo Indrawati M.Si**

NIP. 110020130.1.001



Surabaya, 10 Januari 2018

## PENGARUH VENTED-BOX TERHADAP THIELE- SMALL PARAMETER LOUDSPEAKER

**Nama** : Widiyana Puspita Putrie  
**NRP** : 01111340000089  
**Jurusan** : Fisika, FIA ITS  
**Pembimbing** : Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si

### *Abstrak*

Pengujian *loudspeaker* biasanya dilakukan dengan *thiele-small* parameter. Studi *vented-box loudspeaker* bertujuan untuk mengetahui pengaruh *vented-box* terhadap kualitas *loudspeaker* melalui *thiele-small* parameter *loudspeaker*. Penelitian dilakukan dengan mengukur karakteristik *loudspeaker* berupa frekuensi respon, impedansi dan *thiele small parameter* pada *vented-box* dan panel. Salah satu faktor yang mempengaruhi parameter akustik tersebut adalah nilai kompresi udara yang dihasilkan oleh bagian *loudspeaker* atau yang biasa disebut *compliance* udara. Pada *vented-box* terdapat pengaruh dari *compliance* udara yang terkompresi di dalam *box* dan udara yang masuk dari lubang *port* yang berakibat mempengaruhi karakteristik murni *loudspeaker*. Sementara pada panel, tidak terjadi adanya kompresi udara. Dari hasil pengukuran dan analisa, diperoleh nilai rasio *compliance* udara dari *box* adalah sebesar 8,29 : 10,7. Nilai ini berdampak pada faktor kerugian *box*. Kerugian respon *vented-box* mencapai 0,63% sedangkan untuk panel sebesar 0,014%. Kerugian yang besar terjadi pada *vented-box* yang diakibatkan oleh bentuk desain *enclosure* dan material peredam di dalamnya.

Kata kunci: *Loudspeaker*, Frekuensi Respon, Impedansi, *Thiele Small Parameter*, *Vented-box*

## **THE EFFECT OF VENTED-BOX SYSTEM TO THIELE- SMALL PARAMETER LOUDSPEAKER**

**Name : Widiyana Puspita Putrie**  
**NRP : 01111340000089**  
**Major : Fisika, FIA ITS**  
**Advisor : Dr. Suyatno M.Si**  
**Susilo Indrawati M.Si**

### **Abstract**

Loudspeaker testing is usually done with thiele-small parameter. Vented-box to see the effect of loudspeaker quality through thiele-small parameters on vented-box boxes. Research carried out by measuring the characteristics of response frequency loudspeaker, impedance and thiele small parameters in vented-boxes and panels. One of the factors affecting the acoustic parameters is the compressed air value generated by the loudspeaker or so-called air compliance. In vented-boxes there is the effect of compressed air compliance in the box and the incoming air from the port hole causing the pure loudspeaker sound trigger. While on the panel, does not happen no compressed air. From the measurement and analysis results, the ratio of compliance from box is 8,29 : 10,7. This value have impact to the losses of vented-box. The losses of vented-box is 0.63% than the losses on the panel is 0,014%. The losses of the enclosure are caused by the shape of the enclosure design and the damping material in it.

**Keywords:** Loudspeaker, Frequency Response, Impedance, Thiele Small Parameter, Vented-box

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas berkah dan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul:

### **“PENGARUH *VENTED-BOX* TERHADAP *THIELE- SMALL* PARAMETER *LOUDSPEAKER*”**

Penulis menyadari penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kelancaran dan kemudahan sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan tepat waktu.
2. Bapak Ir. Hari Sunjayana dan Farida Ekarini sebagai orang tua beserta keluarga yang selalu memberikan motivasi dan doanya kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Heru Sukanto M.Si. selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan dan saran kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Dr. Suyatno M.Si dan Ibu Susilo Indrawati M.Si, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
5. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M,si selaku Ketua Jurusan dan Seluruh Staff Pengajar di Jurusan Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi, Kepala Laboratorium Instrumentasi Akustik, dan juga segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Andy Wibisono selaku pembimbing penelitian di CV. Sinar Baja Electric yang telah meluangkan waktu membimbing penulis, memberikan ilmu, saran dan



dukungan, sehingga penelitian yang dilakukan berjalan dengan baik.

7. Sahabat seperjuangan yang ada di Lab. Akustik antara lain Adib, Regina, mas Novanto, dan masih banyak lagi yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
8. Sahabat seperjuangan Aza dan April yang telah membantu dan memotivasi dengan penuh suka cita.
9. Teman-teman seangkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah memberikan motivasi semangat kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki sehingga penulis menerima kritik dan saran yang sangat dibutuhkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu serta dapat membantu memberikan inspirasi bagi pembaca tentang *Loudspeaker*.

Surabaya, 10 Januari 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
<i>Abstrak</i> .....	iv
Abstract .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL .....	3
DAFTAR GAMBAR .....	4
BAB I.....	5
PENDAHULUAN.....	6
1.1    Latar Belakang .....	6
1.2    Rumusan Permasalahan.....	7
1.3    Tujuan Penelitian.....	7
1.4    Batasan Masalah.....	7
1.5    Manfaat Penelitian.....	7
1.6    Sistematika Penulisan Laporan.....	8
BAB II.....	9
DASAR TEORI.....	10
2.1    Pengertian Loudspeaker .....	10
2.2    Komponen Loudspeaker dan Fungsinya .....	11
2.3    Prinsip Kerja Loudspeaker .....	14
2.4    Thiele Small Parameter .....	16

2.5	<i>Closed-Box Loudspeaker</i> .....	21
2.5.1	Faktor Compliance .....	25
2.6	<i>Vented-Box Loudspeaker</i> .....	26
BAB III.....		34
METODOLOGI .....		34
3.1	Pengukuran Parameter <i>Loudspeaker</i> .....	34
3.1.1	Pengukuran Respon Frekuensi dan Impedansi <i>Loudspeaker</i> .....	34
3.1.2	Pengukuran <i>Thiele-Small Parameter</i> <i>Loudspeaker</i> .....	36
3.2	Variasi <i>Loudspeaker</i> dan <i>Software</i> yang digunakan....	38
BAB IV .....		40
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		42
4.1	Pengukuran <i>Thiele-small Parameter</i> .....	42
4.1.1	Analisis Perbandingan <i>TS Parameter Loudspeaker</i> dengan Variasi <i>Vented Box</i> dan Panel.....	42
4.1.2	Analisis Impedansi Loudspeaker pada <i>Vented-box</i> dan Panel.....	48
4.1.3	Analisis Respon Frekuensi dengan Variasi <i>Loudspeaker</i> pada <i>Vented-box</i> dan Panel .....	51
4.1.4	Analisis TS Parameter dengan Variasi Loudspeaker pada <i>Vented-box</i> .....	55
4.2	Pembahasan .....	58
BAB V .....		62
KESIMPULAN DAN SARAN .....		62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analogi hubungan matematis dalam Rangkaian Elektrik <i>Loudspeaker</i> .....	15
Tabel 4.1 Hasil perbandingan <i>TS Parameter Loudspeaker subwoofer</i> PG-1254 dalam Ruangan Normal.....	43
Tabel 4.2 Hasil perbandingan <i>TS Parameter subwoofer</i> PG-1254 pada <i>vented-box</i> dan panel .....	52
Tabel 4.3 Hasil Perbandingan <i>TS Parameter</i> dengan Variasi Loudspeaker pada Vented-box .....	56
Tabel L1.1 Spesifikasi <i>loudspeaker</i> (a) <i>Woofer</i> .....	64
Tabel L1.2 Spesifikasi <i>loudspeaker</i> (b) <i>Fullrange</i> .....	65
Tabel L1.3 Spesifikasi <i>loudspeaker</i> (C) <i>Subwoofer</i> .....	66
Tabel L5.1 Grafik frekuensi respon <i>Loudspeaker fullrange</i> SBM-W pada <i>vented-box</i> dan panel.....	73
Tabel L5.2 Hasil Perbandingan <i>TS Parameter loudspeaker</i> CRV pada Panel dan <i>Vented-box</i> dalam ruangan normal.....	74
Tabel L6.1 Hasil Perbandingan <i>TS Parameter variasi loudspeaker</i> pada panel.....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Loudspeaker</i> (A) <i>Loudspeaker</i> sebelum diberi <i>box</i> (B) <i>Loudspeaker</i> dengan <i>box</i> (C) Horn ( <a href="https://pisces.bbystatic.com">https://pisces.bbystatic.com</a> ) .....	11
Gambar 2.2 Komponen <i>Speaker</i> ( <a href="https://i.pinimg.com">https://i.pinimg.com</a> ) .....	12
Gambar 2.3 Bagian <i>Speaker</i> ( <a href="http://santaidisiniyuk.blogspot.co.id">http://santaidisiniyuk.blogspot.co.id</a> ) .....	12
Gambar 2.4 Rangkaian Elektrik pada <i>Speaker</i> (A) Rangkaian Elektrik (B) Rangkaian Mekanik (C) Rangkaian Radiasi Akustik (Beranek Leo L, 1954) .....	14
Gambar 2.5 Medan Magnet dalam <i>Loudspeaker</i> ( <a href="https://8.share.photo.xuite.net/hajazz/">https://8.share.photo.xuite.net/hajazz/</a> ) .....	16
Gambar 2.6 Sistem <i>Closed Box Loudspeaker</i> .....	22
Gambar 2.7 Volume yang dibutuhkan sistem <i>closed-box loudspeaker</i> berdasarkan diameter <i>loudspeaker</i> dengan x-axis = diameter <i>loudspeaker</i> dan y-axis = volume kotak (L) .....	24
Gambar 2.8 Rangkaian akustik dari sistem <i>closed-box loudspeaker</i> (analogi impedansi) .....	25
Gambar 2.9 Sistem <i>Vented-Box Loudspeaker</i> .....	27
Gambar 2.10 Rangkaian Elektro Akustik sederhana pada Sistem <i>Vented-box Loudspeaker</i> .....	29
Gambar 3.1 Rangkaian Alat Pengukuran .....	35
Gambar 3.2 Pengukuran pada Panel (a) dan <i>Box</i> (b) .....	36
Gambar 3.3 Penambahan beban <i>clay</i> pada <i>conepaper</i> .....	37
Gambar 3.4 Input <i>Added Mass</i> pada window <i>software</i> Clio .....	37
Gambar 3.5 Variasi <i>Loudspeaker</i> .....	38
Gambar 3.6 <i>Hardware</i> Clio yang digunakan .....	39
Gambar 3.7 <i>Software</i> Clio .....	39
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Impedansi <i>loudspeaker</i> PG 1254 menggunakan <i>Vented-box</i> dan panel .....	50
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Respon Frekuensi <i>loudspeaker</i> PG 1254 menggunakan <i>Vented-box</i> dan panel .....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN .....	64
LAMPIRAN 1 .....	64
DATA PERBANDINGAN FREKUENSI RESPON .....	67
LAMPIRAN 2 .....	69
DATA PERBANDINGAN FREKUENSI RESPON .....	69
LAMPIRAN 3 .....	71
DATA PERBANDINGAN FREKUENSI RESPON .....	71
LAMPIRAN 4 .....	73
DATA PERBANDINGAN <i>THIELE-SMALL</i> PARAMETER ....	73
LAMPIRAN 5 .....	75
DATA PERBANDINGAN <i>THIELE-SMALL</i> PARAMETER ....	75
LAMPIRAN 6 .....	77
DATA PERBANDINGAN IMPEDANSI.....	77
LAMPIRAN 7 .....	79
DATA PERBANDINGAN RESPON FREKUENSI.....	79
LAMPIRAN 8 .....	81
DATA PERHITUNGAN VENTED-BOX DAN PANEL .....	81
BIODATA PENULIS.....	84

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pada era modern saat ini, *loudspeaker* menjadi salah satu komponen elektronika sehari-hari yang sering dipakai. Bentuk dan tampilannya beragam, mulai yang kecil seperti *loudspeaker* handphone dan headset maupun yang besar seperti *loudspeaker* pada pertunjukan. Dari sekian banyak *loudspeaker* yang ada, saat ini sebagian besar telah menggunakan *box*, sistem *closed-box* maupun sistem *vented-box*. Namun dalam pemakaiannya seringkali masyarakat tidak mengetahui kesesuaian untuk tipe *loudspeaker* yang akan dipasang dengan *box* yang dipakai. Sehingga banyak permasalahan yang muncul ketika *loudspeaker* dinyalakan. Seperti refleksi suaranya terlalu bass atau bahkan terlalu flat karena pengaruh dari *box* yang digunakan tersebut.

Salah satu tempat penghasil dan pengujian *loudspeaker* dilakukan di CV. SINAR BAJA ELECTRIC, Surabaya. Sebelum dipasarkan, *loudspeaker* yang dibuat oleh pabrik dilakukan pengujian terlebih dahulu. Dalam pengujiannya salah satu karakteristik yang diuji adalah *thiele-small* parameter. Pengujian *loudspeaker* biasanya dapat menggunakan *vented-box* dan panel. Tentunya pengujian *loudspeaker* baik dengan sistem *vented-box* *loudspeaker* maupun panel memiliki pengaruh kelebihan dan kekurangan tersendiri dengan *thiele-small* parameter yang dihasilkan.

Pada saat ini, pengujian menggunakan *vented-box* sudah jarang digunakan. Karena seringkali pendengar lebih menginginkan menggunakan panel. Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini dilakukan perbedaan pengaruh *vented-box*



dan papan panel dengan pengukuran karakteristik *loudspeaker* ketika dipasang dengan papan panel dan dalam *vented-box*. Penelitian ini menggunakan *loudspeaker* tipe *subwoofer*, *woofer*, *fullrange* baik menggunakan sistem *vented-box* dan papan panel.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yang ada pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh *vented-box* terhadap *thiele-small* parameter *loudspeaker*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui pengaruh *vented-box* terhadap *thiele-small* parameter *loudspeaker*

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran menggunakan tiga speaker yaitu 12 inci PG-1254 *Subwoofer*, 12 inci SBM-W *Fullrange*, dan 12 inci *Curve Woofer*
2. Variasi pengukuran menggunakan *vented-box* JIS dan papan panel
3. Pengukuran menggunakan software Clio

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh *vented-box* pada *thiele-small* parameter. Penelitian ini juga dapat dijadikan bahan saran pembuatan *vented-box* yang baik untuk tipe speaker *subwoofer*, *woofer* dan *fullrange*.

## **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Penulisan laporan tugas akhir ini tersusun dari abstrak yang merupakan ringkasan dari penelitian yang dilakukan. Bab I yang terdiri dari latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. Bab II terdiri dari tinjauan pustaka yang berisi tentang dasar teori sebagai bahan acuan untuk penelitian. Bab III berisi tentang metodologi penelitian yang dilakukan. Bab IV memuat hasil penelitian dan pembahasan yang tersusun dari pengolahan data hasil penelitian dan analisis data. Bab V berisi tentang kesimpulan dan saran.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Pengertian Loudspeaker

Loudspeaker (speaker) merupakan sebuah transduser *elektroacoustical* yang dapat mengubah sinyal listrik ke sinyal analog suara. Speaker dapat dijadikan acuan sebagai transduser individual (sebagai pengarah) atau sistem lengkap yang terdiri dari suatu *enclosure* yang melengkapi satu atau lebih pengarah. Semakin besar diameter *loudspeaker*, semakin rendah nada yang bisa dihasilkan tetapi membutuhkan daya input yang lebih besar. Nada yang dihasilkan oleh *loudspeaker* juga dipengaruhi oleh bahan penyusun *cone*. Semakin lentur *cone* dapat menghasilkan nada rendah yang lebih empuk dan halus.

Terdapat beberapa jenis *loudspeaker* yaitu *subwoofer*, *woofer*, *fullrange* dan *tweeter*. Jika menginginkan suara dengan respon bass yang bagus, bisa menggunakan *subwoofer*. Karena mampu menghasilkan suara pada frekuensi yang sangat rendah. Untuk diluar ruangan lebih baik menggunakan jenis *fullrange* berdiameter 18 inch. Karena dapat menghasilkan semua nada pada frekuensi rendah, sedang dan tinggi tetapi respon yang dihasilkan kurang empuk. Jika ingin digunakan di dalam ruangan, lebih baik menggunakan *loudspeaker* jenis *woofer* berdiameter 8-10 inch. Karena dapat menghasilkan respon yang lebih empuk dan halus. **Gambar 2.1** menunjukkan beberapa contoh bentuk *loudspeaker* yang ada di pasaran.

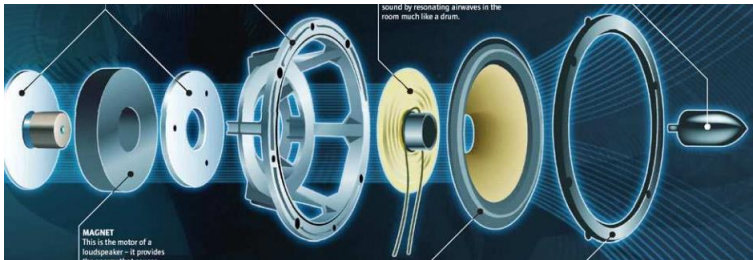


**Gambar 2.1** *Loudspeaker* (A) *Loudspeaker* sebelum diberi *box* (B) *Loudspeaker* dengan *box* (C) Horn (<https://pisces.bbystatic.com>)

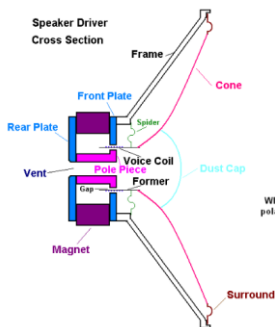
Pada **Gambar 2.1**, *Loudspeaker* A merupakan *loudspeaker woofer* yang sering dijual sebelum diberi *box*. *Loudspeaker* B merupakan jenis *loudspeaker* yang telah dirangkai menjadi satu sistem dengan *box*. Jenis ini sering dijumpai di toko elektronik dan paling sering digunakan untuk *home theater*. Sedangkan *loudspeaker* C menunjukkan jenis *loudspeaker* tipe *horn* yang sering digunakan pada acara-acara tertentu seperti perlombaan ataupun karnaval. (Teknik Elektronika.com, 2017)

## 2.2 **Komponen Loudspeaker dan Fungsinya**

Sebagai transduser elektroakustikal, *loudspeaker* memiliki komponen yang mengubah besaran fisik listrik menjadi akustik. Dalam proses perubahannya, *loudspeaker* memiliki macam-macam komponen diantaranya yaitu *cone*, *voice coil*, *surround*, *spider*, magnet permanen, *dust cap*, *back plate*, *front plate*. Bagian-bagian speaker dapat dilihat pada **Gambar 2.2** dibawah ini



**Gambar 2.2** Komponen Speaker (<https://i.pining.com>)



**Gambar 2.3** Bagian Speaker  
(<http://santaidisinyuk.blogspot.co.id>)

Berdasarkan **Gambar 2.3**, *loudspeaker* terdiri dari tiga sistem utama yaitu

1. Sistem motor, terdiri dari
  - a. *Voice coil*  
*Voice coil* merupakan lilitan kawat yang menghasilkan medan magnet berubah-ubah dan akan bergetar karena adanya magnet di tengahnya.
  - b. *Magnet*

Magnet merupakan komponen utama dalam *loudspeaker*. Magnet berfungsi untuk melakukan induksi magnet terhadap *voice coil* yang akan menghasilkan medan magnet. Hal itu akan membuat sirkuit magnetik lancar mengalirkan garis fluks magnetik yang juga akan meminimalkan berat speaker

2. Sistem suspensi, yang berfungsi dalam satu kesatuan yang melekat pada keranjang dan pinggiran diafragma (*cone*). Sistem suspensi ini terdiri dari

- a. *Spider*

*Spider* terletak melekat ke kumparan yang juga menempel di pinggiran diafragma bagian tengah, berfungsi untuk menahan *voice coil* agar stabil dan tetap pada tempatnya ketika bergetar. *Spider* juga berfungsi untuk memberikan kekakuan pada suspensi, meredam getaran diafragma sehingga *spider* mempengaruhi getaran *voice coil* agar semakin lentur sehingga semakin baik digunakan untuk output suara dengan frekuensi tinggi.

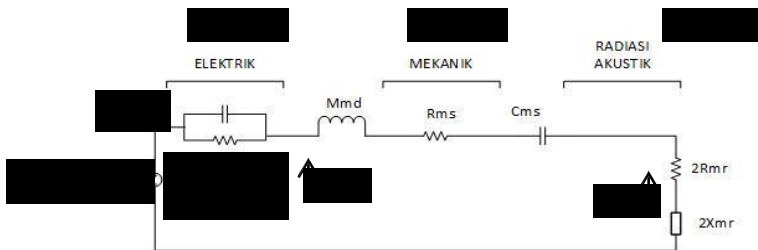
- b. *Surround*

Berfungsi untuk menjaga daun pelindung *loudspeaker* agar stabil dan tetap pada posisinya, sehingga diafragma akan fleksibel untuk bergetar maju mundur. Bahan yang digunakan biasanya dari spons.

3. Sistem Diafragma, yang terdiri dari *cone* untuk meneruskan getaran yang bersumber dari *voice coil* untuk kemudian menggetarkan udara didepannya. Sehingga getaran suara tersebut dapat terdengar. (Ballou Glen, 2009)

### 2.3 Prinsip Kerja Loudspeaker

Seperti yang disampaikan pada sub-bab sebelumnya (bab 2.2), *loudspeaker* menggunakan tiga sistem yang bekerja pada sirkuitnya masing-masing yaitu sistem elektrik yang terletak pada sistem motornya, sistem mekanik yang terletak pada sistem suspensinya dan sistem akustik yang terletak pada sistem diafragmanya. Ketiga sistem tersebut dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.4** dibawah ini bagaimana suara dapat dihasilkan oleh *loudspeaker*.



**Gambar 2.4** Rangkaian Elektrik pada Speaker (A) Rangkaian Elektrik (B) Rangkaian Mekanik (C) Rangkaian Radiasi Akustik (Beranek Leo L,1954)

Berdasarkan pada **Gambar 2.4**, pada sistem elektrik yang berperan adalah magnet dan koil speaker. Dalam sistem ini terdapat hambatan yang hubungan matematisnya adalah

$$- \dots \dots \dots (2.1)$$

Sesuai dengan persamaan 2.1 diatas dapat dianalogikan sebagai berikut:



**Tabel 2.1** Analogi hubungan matematis dalam Rangkaian Elektrik *Loudspeaker*

Secara Matematis	Analogi dalam Rangkaian Elektrik
I	$\text{---}; \overline{(\quad)}$
V	$\overline{(\quad + \quad)} +$
R	Resistansi total dalam rangkaian

Pada **Tabel 2.1** diatas, dapat dilihat hubungan matematis yang dianalogikan dalam rangkaian elektrik *loudspeaker*. Rangkaian elektrik tersebut berasal dari daya *input* yang diberikan yang kemudian mempengaruhi sistem elektrik dalam *loudspeaker*.

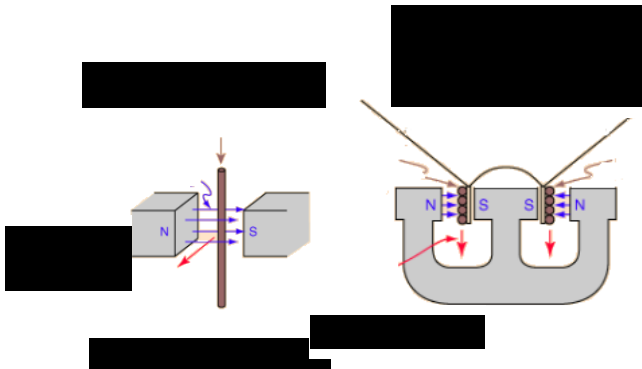
Pada sistem mekanik yang berperan adalah *spider* dan *surround*. Arus yang mengalir pada kumparan akan diubah menjadi medan magnet induksi dan kemudian akan menyebabkan gaya magnet antara magnet permanen dan magnet induksi atau disebut sebagai gaya *Lorentz* yang secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$\dots\dots\dots(2.2)$$

$$\begin{aligned} &(\quad) \\ &\quad(\quad) \\ &(\quad) \\ &\quad(\quad) \end{aligned}$$

Dikarenakan sumber arus yang mengalir pada *voice coil* adalah arus bolak balik, maka akan terjadi perubahan medan

magnet induksi yang tergantung pada waktu. Hal ini yang mengubah gaya magnet antara *voice coil* dan magnet permanen, menggerakkan *voice coil* dan diafragma maju dan mundur. Pergerakan ini menyebabkan perubahan tekanan udara disekitarnya sehingga akan berdampak pada timbulnya suara. (Beranek Leo L,1954)



**Gambar 2.5** Medan Magnet dalam *Loudspeaker*  
(<https://8.share.photo.xuite.net/hajazz/>)

## 2.4 Thiele Small Parameter

*Thiele-Small parameter* adalah suatu standarisasi dalam meningkatkan kualitas mekanisme speaker. Bermula dari A.N. Thiele (1961) dan R. Small (1973) yang mempublikasikan sebuah tulisan ilmiah di jurnal AES (*Audio Engineering Society*) sehingga dinamakan *Thiele-Small parameter* atau parameter TS. Parameter TS ini membuat nilai parameter tentang sifat dan mekanisme speaker secara elektrik dan mekanis sehingga dapat memudahkan menilai secara kuantitatif. Berikut parameter TS yaitu:

1.  $R_e$  (Resistance Electric)

Resistansi *voice coil* speaker yaitu pengukuran hambatan atau resistansi *voice coil* yang dapat diukur dengan ohmmeter yang juga biasa disebut  $R_{dc}$ . Satuan yang digunakan yaitu dalam  $\Omega$ . (Resistance DC)

2.  $F_s$  (Frekuensi Resonansi)

$F_s$  merupakan frekuensi resonansi speaker di udara bebas. Dapat dikatakan suatu keadaan yang menunjukkan bahwa semua bagian speaker yang bergerak beresonansi. Persamaan frekuensi resonansi dapat ditunjukkan dengan persamaan

$$\frac{1}{2\pi \sqrt{C_{ms} M_{ms}}} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan

$F_s$  : frekuensi resonansi *loudspeaker* (Hz)

$C_{ms}$  : *compliance* mekanik suspensi (mm/N)

$M_{ms}$  : massa mekanik suspensi, *voice coil*, *conepaper*, beban akustik

3. (Kualitas total *Loudspeaker*)

$$\frac{1}{Q^2} = \frac{1}{Q_{te}^2} + \frac{1}{Q_{tm}^2} \text{ atau } \frac{1}{Q^2} = \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan

$Q$  : total kualitas elektrik *loudspeaker*

$Q_{tm}$  : total kualitas mekanik

(Beranek Leo L, 1954)

merupakan nilai total  $Q$  (kualitas) speaker, kualitas yang menyatakan tingkat kebagusan speaker. adalah kualitas total yang merupakan gabungan kualitas mekanis dan kualitas elektris dari speaker yang dapat diartikan sebagai seberapa tingkat kualitas dari sistem magnet dan motor dari speaker tersebut. Speaker dengan  $Q$  rendah

sekitar 0,20 dapat dikatakan speaker tersebut mempunyai kekuatan magnet yang besar sehingga dapat menggerakkan *cone* speaker dengan kekuatan yang besar pula. Speaker dengan rendah, memiliki gerakan yang ketat, cepat dan kuat sekaligus gerakan *cone* dapat diredam dengan cepat.

Speaker dengan yang tinggi sekitar 0,45 akan mempunyai kekuatan magnet yang lebih kecil sehingga gerakan *cone* loudspeaker kurang kuat dan peredaman gerakan *cone* juga kurang cepat. Sehingga, speaker dengan yang rendah akan menghasilkan suara yang ketat dan nge-*punch*, berat speakernya lebih ringan dan respons bass yang kurang. Speaker dengan yang tinggi akan menghasilkan suara bass yang bagus, karena gerakan *cone* yang lebih lambat dan berat.

4. (Kualitas Mekanik *Loudspeaker*)

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\frac{2}{2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan

$F_s$  : frekuensi resonansi *loudspeaker* (Hz)

$R_e$  : hambatan *voice coil* ( $\Omega$ )

$f$  : frekuensi pada tegangan tertinggi

$f_2$  : frekuensi pada saat tegangan meningkat lagi

$m$  : massa mekanik suspensi, *voice coil*, beban akustik, *cone*paper (kg)

$r$  : Hambatan mekanik suspensi (kg/s)

$Q$  merupakan nilai  $Q$  secara mekanis, tingkat kualitas gerakan speaker atau sistem mekanis speaker yang dipengaruhi oleh kualitas *suspension* speaker yang

merupakan satu kesatuan *spider* dan *surround*. Dengan nilai yang tinggi akan menghasilkan suara yang lebih terbuka, bersih dan lebar dinamika yang lebih besar karena hanya memiliki kerugian yang lebih sedikit akibat gerakan sistem mekanis. Hal tersebut dikarenakan bahan dan bentuk *surround* yang lebih lentur, bahan dan susunan *spider* yang lebih dan aliran udara yang lebih baik. Speaker yang memiliki yang tinggi merupakan indikator speaker yang bagus karena dapat bersuara lebih keras.

5. (Kualitas Elektrik *Loudspeaker*)

——.....(2.7)

Dengan

: Kualitas mekanik *loudspeaker*

: Hambatan *voice coil* ( $\Omega$ )

(R.H Small, 1972)

merupakan nilai Q elektris, tingkat kualitas *voice coil* speaker, sistem elektrik speaker yang ditentukan oleh bahan kawat *voice coil*, ukuran diameter *voice coil*, kemampuan penghantaran arus (nilai resistansi *voice coil*), kemampuan penyerapan panas dan kerapatan gulungan *voice coil*.

6. BL (Medan magnet dengan panjang kawat *voice coil loudspeaker*)

BL (Kuat medan magnet kali panjang kawat) merupakan kekuatan motor speaker dengan satuan Tesla meter. Apabila nilai BL besar berarti speaker tersebut mempunyai tingkat motor yang kuat, magnet yang besar sehingga lebih berat dan memiliki Qts yang rendah. Dan

juga dapat memberikan acuan bahwa gerakan speaker akan dapat terkontrol akurat sehingga respons suara kecil akan cacat harmonisa. Speaker dengan BL rendah sekitar 20Tm atau kurang, tidak bagus dalam mengontrol gerakan *cone* sehingga mempunyai respons suara yang kurang ketat, dan memiliki Qts 0,28 atau lebih. Jika diaplikasikan pada kotak suara dengan sistem bass reflekt akan kurang bagus karena respons suara yang agak kotor dan gerakan *cone* yang lambat dan berat.

7. Vas (Volume udara yang dipindahkan akibat getaran)

Vas merupakan volume udara yang ekuivalen dengan pemenuhan *cone* speaker dengan satuan liter. Parameter Vas ini dapat diibaratkan sebagai seberapa tingkat kekakuan gerakan *cone* speaker. Nilai Vas dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara dalam kotak suara. Vas dapat ditunjukkan dengan persamaan

$$Vas = \frac{V_{cone}}{Q_{ts}^2} \quad (2.8)$$

$$Vas = \frac{V_{cone}}{Q_{ts}^2} \quad (2.9)$$

Dengan

$\rho$  : Massa jenis udara (1,184 pada 25°)

$c$  : Kecepatan suara di udara (346,1 m/s pada 25°)

$S$  : Diameter cone (  $m^2$  )

$k$  : *compliance* mekanik suspensi (m/N)

(R.H Small, 1972)

8. Mmd (Massa suspensi *Loudspeaker*)

Mmd merupakan massa atau berat *cone*, *voice coil*, dan komponen bergerak lainnya dalam speaker dengan satuan kilogram.

9. Mms (Massa mekanik *Loudspeaker*)

Mms yaitu berat total atau massa keseluruhan dari bagian-bagian speaker yang bergerak termasuk radiator speaker dengan satuan kilogram.

10.  $S_d$  (Diameter suspensi *loudspeaker*)

$S_d$  adalah parameter luas area *cone* dalam menggerakkan udara dengan satuan  $\text{cm}^2$ . Selain ukuran *cone* speaker, kedalaman *cone* speaker juga berpengaruh terhadap nilai  $S_d$ . Jika bentuk *cone* semakin dalam, maka nilai  $S_d$  akan semakin tinggi dan begitu sebaliknya.

11.  $\eta_o$  (Efisiensi acuan udara bebas)

$\eta_o$  yaitu nilai efisiensi acuan udara bebas dalam persen. Belum tentu nilai sensitivitas sebuah *loudspeaker* akan menjamin efisiensi yang bagus ketika diletakkan dalam kotak suara. Jika ingin memiliki *loudspeaker* bass bagus dapat dikategorikan dengan nilai efisiensi 3,8%-5% yang memberikan sensitivitas 97,9dB/W.

$$\left( \frac{\quad}{2} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

: Hambatan *voice coil* ( $\Omega$ )

: Massa beban akustik, *voice coil*, *spider*, *surround* (kg)

$B_l$  : Medan magnet (Tesla.m)

$\rho$  : Massa jenis udara (1,184 — pada 25° C)

$c$  : Kecepatan bunyi di udara (346,1 — pada 25° C)

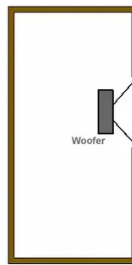
: Luas area *cone* ( $\text{cm}^2$ )

(Blastica, 2015)

## 2.5 ***Closed-Box Loudspeaker***

Sistem *closed-box loudspeaker* merupakan sistem yang paling sederhana dari semua desain *box loudspeaker*. Sistem

ini terdiri dari volume udara tertutup dan *driver loudspeaker* tetapi menawarkan hasil yang bagus untuk berbagai variasi aplikasi genre suara yang luas. Hasil performansi dapat diubah-ubah dengan mengubah ukuran volume kotak atau dengan mengubah jumlah isi dengan material peredam. Suara yang dihasilkan akan cepat, natural, halus, ketat, terkontrol sehingga menghasilkan respon transient yang baik. Namun *closed-box* ini susah merespon suara dengan frekuensi ekstrim rendah. Semakin besar volume box, membuat respon suara yang dapat mencapai frekuensi yang cukup rendah. Namun menghasilkan gerakan *driver* yang besar dengan input power tertentu sehingga perlu dicari spesifikasi loudspeaker dengan nilai  $X_{max}$  yang besar. Untuk mencapai respon frekuensi sangat rendah hanya bisa dicapai dengan menggunakan loudspeaker dengan  $f_s$  yang sangat rendah dikombinasi dengan volume kotak yang cukup besar.



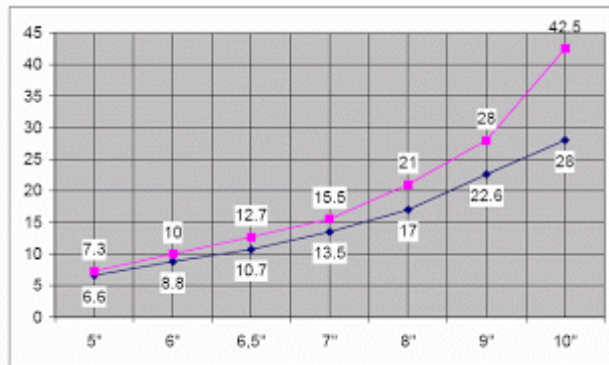
**Gambar 2.6** Sistem *Closed Box Loudspeaker*

Terdapat dua tipe dasar dari sistem *closed-box* loudspeaker yaitu *infinite baffle* (IB) dan *air suspension* (AS). Ruang IB dibuat besar sehingga *compliance* udara dalam *enclosure* (kualitas pneumatik) lebih besar daripada *compliance* suspensi *driver*. *Closed-box* loudspeaker akan



menjadi suspensi akustik loudspeaker ketika *compliance* volume udara di dalam box kurang dari *compliance* woofer. Berikut beberapa parameter yang digunakan dalam sistem *closed-box* loudspeaker

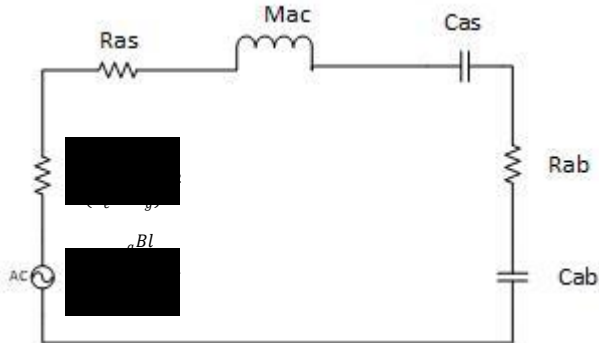
1.  $F_3$  = minus 3 dB setengah daya (frekuensi) dalam Hz
2.  $F_s$  = respon frekuensi *driver* dalam Hz
3.  $F_c$  = respon frekuensi dalam sistem *closed-box* dalam Hz
4.  $Q$  = rasio dari reaktansi ke resistansi (rangkaiian seri) atau resistansi ke reaktansi (rangkaiian parallel) dalam
5.  $Q_{ts}$  = total  $Q$  driver (woofer) pada  $f_s$ , mengingat semua resistansi driver.
6.  $Q_{tc}$  = total  $Q$  sistem loudspeaker pada  $f_c$ , termasuk semua sistem resistansi
7.  $V_{as}$  = volume udara memiliki *compliance* akustik yang sama dengan suspensi driver.
8.  $V_{ab}$  = volume udara memiliki *compliance* akustik yang sama dengan enclosure.
9.  $X_{max}$  = perpindahan puncak linier dari driver cone
10.  $S_d$  = luas permukaan efektif dari driver cone dalam  $m^2$
11.  $V_d$  = perpindahan puncak volume dari driver cone
12.  $V_b$  = volume internal dari enclosure
13.  $\alpha$  = rasio *compliance*
14.  $\eta_0$  = efisiensi referensi
15.  $C_{as}$  = *compliance* akustik dari suspensi *driver* dalam  $m^3/N$
16.  $C_{ab}$  = *compliance* akustik udara dalam *enclosure*



**Gambar 2.7** Volume yang dibutuhkan sistem *closed-box loudspeaker* berdasarkan diameter loudspeaker dengan x-axis = diameter *loudspeaker* dan y-axis = volume kotak (L)

**Gambar 2.7** diatas menunjukkan batas atas dan batas bawah volume yang diperlukan dalam satuan liter. Sebagai contoh, pada loudspeaker berdiameter 6" - 6.5" yang banyak beredar di pasaran, maka volume yang dibutuhkan adalah antara 8,8 liter hingga 12.7 liter. (David B,1990)

Analisis *closed-box* loudspeaker ini terbatas pada wilayah frekuensi rendah dimana *driver* bergerak seperti piston (gelombang bunyi lebih lama dibandingkan dengan diafragma *driver*) dan *enclosure* aktif dalam mengontrol lingkungan sistem. Hasil dari analisis tersebut menunjukkan bahwa performa karakteristik frekuensi rendah *closed-box* loudspeaker dari kedua konvensional dan tipe suspensi udara berbanding lurus dengan dasar dan sistem parameter yang mudah diukur.



**Gambar 2.8** Rangkaian akustik dari sistem *closed-box loudspeaker* (analogi impedansi)

Dengan mengkombinasikan unsur seri dengan tipe seperti **Gambar 2.8** diatas. Total sistem *compliance* akustik  $C_{at}$  dapat diberikan sebagai berikut :

$$\frac{1}{C_{at}} = \frac{1}{C_{ab}} + \frac{1}{C_{as} + C_{ab}} \quad (2.11)$$

Volume *compliance driver* yang searah tidak terpengaruh oleh massa beban udara dan dalam setiap kasus

$$C_{ab} = \frac{V}{\rho c^2} \quad (2.12)$$

Dimana  $\rho$  adalah massa udara ( $1,18 \text{ kg/m}^3$ ) dan  $c$  adalah kecepatan bunyi pada udara ( $345 \text{ m/s}$ ) (R.Small, 1972)

### 2.5.1 Faktor Compliance

Dalam faktor *compliance*, didapatkan persamaan

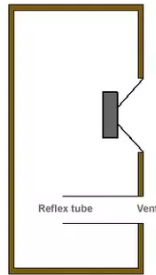
$$\frac{1}{C_{at}} = \frac{1}{C_{ab}} + \frac{1}{C_{as} + C_{ab}} \quad (2.13)$$

Yang merupakan volume udara yang memiliki *compliance* akustik yang sama dengan Cab.

Terdapat perbedaan penting antara , volume internal dari *enclosure*, dan , volume udara yang menunjukkan *compliance* akustik dalam *enclosure*. Jika *enclosure* berisi hanya udara, tidak ada lapisan dan material pengisi, maka dianggap sama dengan . Tetapi jika *enclosure* berisi beberapa material, lebih besar daripada . Kenaikan berbanding terbalik dengan perubahan nilai  $\gamma$ . Untuk itu volume udara konstan di dalam *enclosure*. Hal tersebut memiliki nilai sekitar 1,4 untuk *enclosure* yang kosong dan menurun jika *enclosure* terisi dengan material berdensitas rendah. Dengan pemilihan jumlah, jenis dan lokasi material pengisi yang tepat, akan meningkatkan faktor *compliance* akustik daripada *enclosure* yang tidak berisi material. Bahaya dari penambahan material yang tidak diinginkan dapat menurunkan hasil faktor tersebut. Walaupun secara teori itu memungkinkan, itu sangat tidak biasa dilakukan untuk sistem ini. (R.H Small, 1972)

## 2.6 ***Vented-Box Loudspeaker***

Sistem *vented-box* loudspeaker *enclosure* (*box*) yang memiliki dua lubang yang juga biasa disebut *bass-reflex*. Satu lubang mengakomodasikan *driver*, lubang lainnya disebut *vent* atau *port* yang memungkinkan udara masuk kedalam dan keluar pada *enclosure* dalam merespon variasi tekanan dalam *enclosure*. Sistem *vented-box* dapat dilihat pada **Gambar 2.9** dibawah ini



**Gambar 2.9** Sistem Vented-Box Loudspeaker  
(<http://maybelle.com.vn/mediacenter/media/images/426/>)

Berdasarkan **Gambar 2.9**, gerakan *driver cone* akan minimum pada frekuensi  $f_b$  ini dimana *port box* akan mengambil alih dalam mengeluarkan sebagian besar suara. Karakteristik sistem *vented-box* loudspeaker ini adalah distorsi suara yang lebih rendah, loudspeaker dapat menangani daya yang lebih besar lagi pada daerah lebar frekuensi operasi dan titik frekuensi potong (frekuensi *cutoff*) yang lebih rendah dibanding sistem kotak tertutup jika menggunakan loudspeaker yang sama. Secara umum, sistem *vented-box* ini akan lebih efisien sehingga dapat menghasilkan nilai SPL yang lebih besar daripada *closed-box*. Dengan penentuan volume box yang tepat, akan menghasilkan respon suara yang dalam, sangat bertenaga, keras dan bulat. Distorsi suara akan segera naik dengan cepat pada frekuensi di bawah *cutoff* namun demikian loudspeaker menjadi kurang terbebani dan respon transien menjadi kalah bagus dibanding sistem *closed-box* loudspeaker jika menggunakan loudspeaker yang sama. Dan juga tidak bagus jika volume box dibuat lebih besar.

*Vent* dapat terbentuk sebagai lubang sederhana dalam dinding *enclosure* atau sebagai terowongan atau saluran yang

meluas ke dalam dari lubang. Pada frekuensi rendah, pergerakan udara dalam *vent* berkontribusi pada kecepatan volume total melintasi batas *enclosure* dan oleh karena itu untuk sistem output. Sistem *vented-box* loudspeaker lebih peka terhadap kesalahan beberapa parameter (*misalignment*) pada respon frekuensi, phase, kecepatan udara pada lubang port dan lain sebagainya dibanding dengan sistem *closed-box* loudspeaker maka dapat dipastikan loudspeaker memiliki data *Thiele-small* parameter yang cocok. Biasanya nilai  $Q_{ts}$  untuk sistem *vented-box* antara 0,2-0,5. Dan dengan nilai  $Q_{ts}$  diatas 0,5 lebih baik menggunakan sistem *closed box* loudspeaker. Tetapi jika nilai  $Q_{ts}$  0,8 masih dapat menggunakan sistem *vented-box* tetapi hanya khusus digunakan untuk satu *loudspeaker* saja. (George Elliot, 1988)

Rangkaian akustik tipe impedansi pada sistem *vented-box* loudspeaker dapat ditunjukan dengan berbagai parameter yaitu sebagai berikut:

= tegangan output rangkaian terbuka dari sumber atau amplifier

$B$  = fluks magnet dalam celah udara driver

$l$  = panjang konduktor *voice-coil* dalam medan magnet celah udara

$S_d$  = luas permukaan diafragma driver

$R_g$  = resistansi output dari sumber atau amplifier

$R_e$  = resistansi dc dari driver *voice-coil*

$C_{as}$  = Compliance akustik dari suspensi driver

$M_{as}$  = massa akustik diafragma driver termasuk *voice coil* dan beban udara

$R_{as}$  = resistansi akustik dari kerugian suspensi driver

$C_{ab}$  = compliance akustik udara dalam *enclosure*

$R_{ab}$  = resistansi akustik kerugian enclosure disebabkan karena penyerapan energi internal

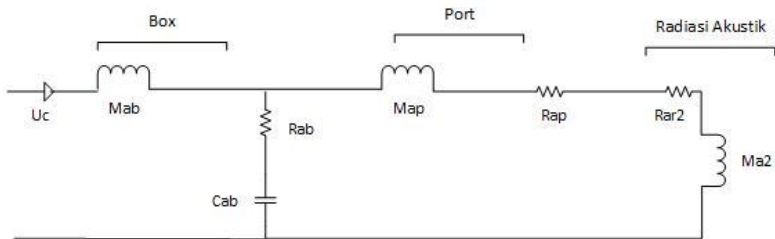
$R_{al}$  = resistansi akustik dari kerugian enclosure disebabkan kebocoran

$M_{ap}$  = massa akustik *port* atau *vent* termasuk beban udara

$R_{ap}$  = resistansi akustik kerugian *port* atau *vent*

$R_{ar2}$  = resistansi udara dari sisi depan *port*

$U_c$  = volume kecepatan compliance udara



**Gambar 2.10** Rangkaian Elektro Akustik sederhana pada Sistem *Vented-box Loudspeaker*

Berdasarkan **Gambar 2.10** diatas, dapat dirumuskan frekuensi resonansi dari *vented-box* yaitu

$$\sqrt{\dots\dots\dots}(2.14)$$

Dengan yang merupakan massa total dari rangkaian seri gambar 2.10. Dapat dirumuskan juga massa udara dalam *box* yaitu

$$\dots\dots\dots(2.15)$$

: luas area *cone* per diameter *loudspeaker* yang terpasang

: massa jenis udara ( $1,18 \text{ kg/m}^3$ )

a : radius dalam port (m)

Dan *compliance* udara yang dihasilkan oleh *vented-box* yaitu

$$\text{---} \dots \dots \dots (2.16)$$

: volume *box* ( $\text{m}^3$ )

: tekanan adiabatik udara (1,4)

Sehingga dapat dihitung frekuensi *cut-off* dari *vented-box* tersebut yaitu

$$\dots \dots \dots (2.17)$$

(R.H.Small, 1972)

: resistansi akustik *box* (mks akustik ohm)

: massa udara dalam *box*

### 2.6.1 Faktor Kerugian *Enclosure*

Di dalam sistem *vented-box loudspeaker*, terdapat tiga jenis kerugian yang terjadi yaitu kerugian absorpsi, kerugian kebocoran udara dan kerugian *port*. Perbesaran tiap kerugian dapat didefinisikan dengan Q dari rangkaian *box* pada frekuensi resonansi *box*. Pada kerugian kebocoran udara dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\dots \dots \dots (2.18)$$

: frekuensi resonansi *box* (Hz)

: *compliance* akustik *box* ( $\text{m}^3/\text{N}$ )

: resistansi kebocoran *box* (ohm)



Kerugian kebocoran biasanya paling signifikan terjadi dalam *box*. Sering terjadi memberikan nilai antara 5-20 yang itu berarti kebocoran terdeteksi pada *driver* yang disebabkan pada segel gasket yang tidak sempurna sehingga kebocoran udara dapat terjadi melalui *dust cap* dan melewati *voice coil*.

Sedangkan kerugian absorpsi dirumuskan sebagai berikut

$$\dots\dots\dots(2.19)$$

: frekuensi resonansi box (Hz)

: compliance akustik box ( $\text{m}^3/\text{N}$ )

: resistansi dalam box (ohm)

Kerugian absorpsi dalam *enclosure* yang tidak terlapisi material, lebih kecil dan memberikan nilai sebesar 100 atau lebih. Beberapa material yang melapisi dinding *enclosure* dimana kecepatan partikel udara menjadi rendah sehingga tidak mengekstrak energi yang banyak. Tetapi dapat mereduksi hingga bernilai 30-80. Sehingga kerugian absorpsi lebih besar terjadi.

$$\dots\dots\dots(2.20)$$

: frekuensi resonansi box (Hz)

: compliance akustik box ( $\text{m}^3/\text{N}$ )

: resistansi dalam port (ohm)

Kerugian dalam *port* yang tidak terhalang oleh material peredam biasanya dalam nilai *range* 50-100. Jika *port* terhambat oleh material peredam, akan menghasilkan nilai dibawah 20.

Jadi total  $Q$  dari rangkaian sistem *vented-box* pada frekuensi resonansi *box* yaitu

$$- - + - + - \dots (2.21)$$

Sesuai dengan pernyataan *Thiele*, kerugian respon untuk nilai yang diberikan lebih besar terjadi pada *enclosure* yang memiliki rasio *compliance* rendah. Dan akan menghasilkan kerugian respon yang lebih kecil pada *enclosure* yang memiliki rasio *compliance* tinggi. Untuk , kerugian respon maksimum terbentuk pada frekuensi *enclosure*. Dibawah frekuensi *enclosure*, penyerapan kerugian memiliki pengaruh yang besar dan kerugian yang paling sedikit pengaruhnya dalam respon. (R.H. Small, 2006)

## 2.6.2 Efisiensi Referensi

Efisiensi konstan terbagi menjadi dua factor yaitu ( ) berupa kerugian *driver*, ( ) yang berupa karakteristik respon dan kerugian *enclosure*. Total efisiensi konstan dirumuskan sebagai berikut

$$( ) ( ) \dots (2.22)$$

Dimana

$$( ) - \dots (2.23)$$

: dari *driver*

Nilai ( ) untuk sistem *vented-box* berada diantara 0,8-0,95. Kemudian efisiensi kerugian *enclosure* dan karakteristik respon dapat ditunjukkan dengan persamaan

$$( ) \text{ — — — — .....(2.24)}$$

: volume udara yang dipindahkan ( $\text{m}^3$ )

: volume *box* ( $\text{m}^3$ )

: frekuensi cut-off (Hz)

: frekuensi respon *loudspeaker* (Hz)

: nilai yang dihasilkan *loudspeaker*

(R.H. Small, 2006)

## **BAB III METODOLOGI**

Pada tugas akhir ini, penelitian difokuskan pada sistem pengukuran *thiele-small* parameter *loudspeaker*, pengukuran respon frekuensi, pengukuran impedansi pada *vented-box* dan papan panel. Pengukuran pada papan panel dianggap seperti pengukuran *loudspeaker* telanjang. Papan panel adalah papan dengan satu lubang tempat *loudspeaker* diukur, sementara untuk sistem *vented-box* adalah berbentuk *box* dengan satu lubang tempat *loudspeaker* diukur dan satu lubang *port*.

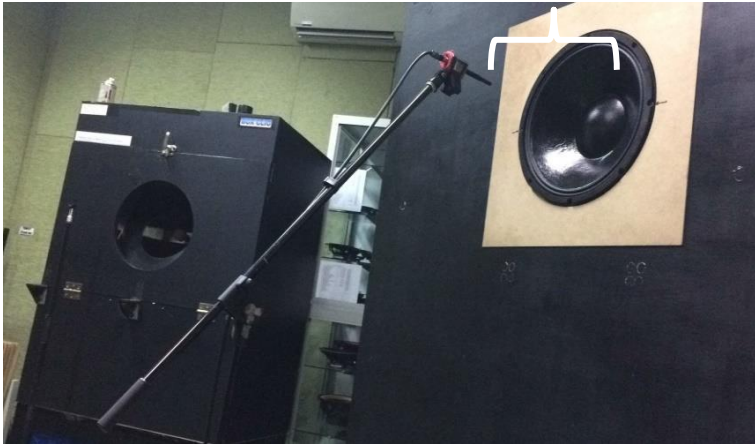
### **3.1 Pengukuran Parameter *Loudspeaker***

Pada proses ini dilakukan tiga macam pengukuran yaitu pengukuran respon frekuensi, pengukuran impedansi dan pengukuran *TS Parameter loudspeaker*. Pengukuran dilakukan di CV. SINAR BAJA ELECTRIC sesuai dengan *standart manual books software CLIO*.

Sebelum melakukan pengukuran, dilakukan tahapan-tahapan seperti mempersiapkan alat bahan yang digunakan, komputer dan software disiapkan, serta melakukan metode sesuai dengan acuan yang digunakan.

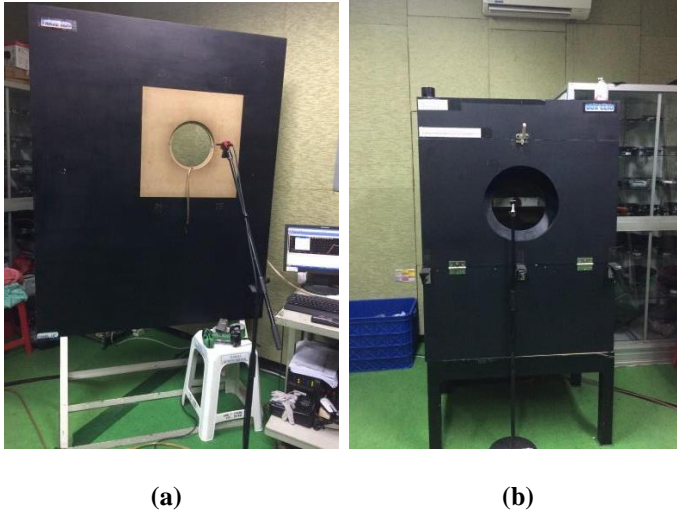
#### **3.1.1 Pengukuran Respon Frekuensi dan Impedansi *Loudspeaker***

Pengukuran frekuensi respon *loudspeaker* menggunakan alat yaitu komputer, *software Clio*, *hardware Clio*, *vented-box*, papan panel, mikrofon seperti pada **Gambar 3.1**. *Vented-box* yang digunakan berasal dari Jepang.



**Gambar 3.1** Rangkaian Alat Pengukuran

Pengukuran respon frekuensi dirangkai sesuai dengan **Gambar 3.1** diatas. Komputer pada rangkaian digunakan sebagai input pengatur *software* CLIO dan juga merekam *output loudspeaker*. Pertama, *loudspeaker* dipasang pada panel/*box* dan dihubungkan dengan kabel sesuai kutubnya. Mikropon diatur dengan jarak 10 cm di depan *loudspeaker*. Ikon MLS dan Sinusoidal pada *software* dipilih dan nilai OUT di-*setting* sesuai dengan *technical specification loudspeaker*. Dilakukan hal yang sama pada variasi *loudspeaker subwoofer, woofer, fullrange*.



**Gambar 3.2** Pengukuran pada Panel (a) dan Box (b)

Pengukuran menggunakan dua variasi. Sesuai **Gambar 3.2** diatas, pengukuran respon frekuensi dan impedansi *loudspeaker* dirangkai pada panel (a) dan *box* (b). Klik *start* untuk merekam output *loudspeaker* dan grafik hasil respon frekuensi pun dapat diamati.

### 3.1.2 Pengukuran *Thiele-Small Parameter Loudspeaker*

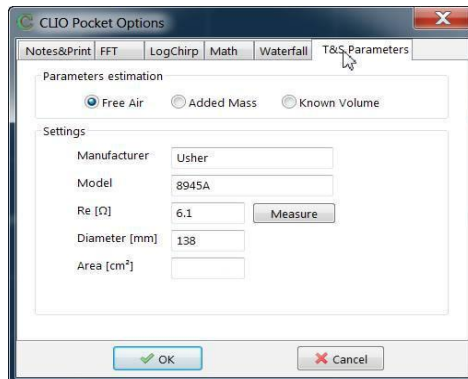
Pengukuran *TS Parameter* dengan software Clio ini diambil dengan menampilkan grafik respon frekuensi dan impedansi yang sebelumnya telah diukur. Tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu sebagai berikut. Pada *toolbar* Clio dipilih TS dan di klik segitiga hijau *start*. Kemudian akan muncul T&S parameter input, nilai *Re loudspeaker* dimasukkan sesuai *technical specification*. Di klik OK dan data *TS Parameter* didapatkan. Kemudian *conepaper loudspeaker* diberi beban *clay* melingkar di sekitar *dust cap* seperti pada **Gambar 3.3** Penambahan beban ini berfungsi untuk mengetahui dan

membandingkan gerakan *conepaper* sebelum dan sesudah untuk perhitungan *TS Parameter*.



**Gambar 3.3** Penambahan beban *clay* pada *conepaper*

Pada **Gambar 3.3**, penambahan beban *clay* pada *conepaper* tidak boleh ditekan terlalu keras. Karena akan menyebabkan kualitas suara tidak normal yang menghambat pergerakan *cone*. Selain itu, tidak boleh terlalu renggang juga agar tidak ada rongga udara yang tersisa diantara *cone* dan *clay* yang terpasang. Kemudian di input massa beban *clay* pada window *Added Mass* seperti pada **Gambar 3.4** dibawah ini



**Gambar 3.4** Input *Added Mass* pada window *software Clio*

Pada **Gambar 3.4**, Klik *window Added Mass* dimasukkan input *Mms clay* yang digunakan dan diameter *cone* kemudian klik *Ok*. Dan hasil *TS Parameter* pun didapatkan.

### 3.2 Variasi *Loudspeaker* dan *Software* yang digunakan

*Loudspeaker* yang digunakan pada penelitian ini adalah 12 inci *subwoofer* PG-1254, 12 inci *fullrange* SBM-W, dan 12 inci *woofer* Curve **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5** Variasi *Loudspeaker*

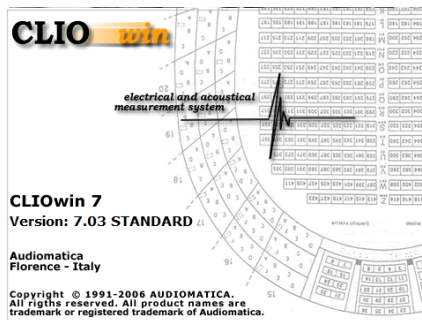
**Gambar 3.5** merupakan variasi speaker yang digunakan dalam pengukuran. Pengukuran menggunakan tiga jenis speaker yaitu *woofer*, *subwoofer* dan *fullrange*. Begitu juga dengan *hardware* Clio yang digunakan dapat ditunjukkan pada **Gambar 3.6** dibawah ini





**Gambar 3.6** Hardware Clio yang digunakan

Pada **Gambar 3.6**, *hardware* Clio yang digunakan dalam pengujian memiliki unit FW-02 yang telah dirancang untuk menjadi dua saluran audio A / D D A profesional yang lengkap sesuai dengan standar sistem Clio. Dengan front-end yang terhubung ke komputer dengan link USB 2.0. FW-02 (24 bit @ 192 kHz) mewakili kemampuan pengukuran untuk perangkat audio atau tes akustik yang juga dilengkapi dengan sirkuit analog input dan output analog yang seimbang. Sehingga memiliki kemampuan loopback input dan output dengan tegangan ultra stabil. *Software* Clio yang digunakan dapat ditunjukkan pada **Gambar 3.7** dibawah ini



**Gambar 3.7** Software Clio

Pada **Gambar 3.7**, menunjukkan *software* Clio yang digunakan dalam pengujian. Pengujian dilakukan sesuai dengan sistem standar *software* Clio.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah disampaikan di Bab I, penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *thiele-small* parameter *loudspeaker* yang dipasang pada *vented-box* dan panel. Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan di salah satu ruang pengukuran CV. *Sinar Baja Electric* yaitu Ruang CLIO/LMS yang telah dilengkapi dengan material peredam sehingga pengukuran karakteristik *loudspeaker* tidak terganggu dengan suara sekitarnya. Terdapat tiga variasi *loudspeaker* yang digunakan yaitu *loudspeaker* (a) *woofer*, *loudspeaker* (b) *fullrange*, dan *loudspeaker* (c) *subwoofer* sesuai dengan yang telah dispesifikasi pada bab metodologi sebelumnya. Adapun parameter yang diukur adalah *thiele-small* parameter *loudspeaker*, frekuensi respon dan impedansi.

### 4.1 Pengukuran *Thiele-small* Parameter

Pada penelitian ini, pengukuran dilakukan dengan berbagai variasi pengambilan data, diantaranya yaitu perbedaan pengukuran *TS* parameter *loudspeaker* menggunakan *vented-box* dan panel yang juga menggunakan variasi *loudspeaker*. Sedangkan dalam grafik respon frekuensi dapat melihat perbandingan *TS* parameter *loudspeaker* pada *vented-box*, kerugian kebocoran *port* dan kerugian absorpsi udara yang masuk dalam *box*.

#### 4.11 Analisis Perbandingan *TS* Parameter *Loudspeaker* dengan Variasi *Vented Box* dan Panel

Pengukuran *thiele-small* parameter dilakukan pada *box* yang memiliki volume  $0,224 \text{ m}^3$ , dengan sistem *vented-box*. Terdapat dua lubang, lubang pertama untuk letak *loudspeaker* dan lubang kedua untuk *port*. Seperti yang telah disampaikan

pada bab II, volume *box* yang dibuat besar berakibat pada *compliance* akustik dari udara tertutup yang terjadi di dalam *box* lebih besar daripada suspensi driver *loudspeaker*. Sehingga kecepatan volume udara yang terjadi di dalamnya seluruhnya merupakan hasil gerakan *cone loudspeaker* tetapi terpengaruh oleh *compliance* akustik yang terjadi. Sehingga respon frekuensi yang dihasilkan *loudspeaker* didapat dari seberapa kecil *compliance* udara yang terjadi dalam *box* di dalam kombinasi dengan pergerakan driver *loudspeaker* tersebut. Berdasarkan pada **persamaan 2.16**, besarnya nilai sangat berpengaruh pada *vented-box*. Nilai ini berdampak pada impedansi dan frekuensi respon *loudspeaker*. Berikut **Tabel 4.1** hasil perbandingan *TS Parameter Loudspeaker* pada *vented-box* dan panel menggunakan *loudspeaker subwoofer* 12 inch PG 1254-2

**Tabel 4.1** Hasil perbandingan *TS Parameter Loudspeaker subwoofer* PG-1254 dalam Ruangan Normal

<i>Thiele Small</i> Parameter	<i>Subwoofer</i> PG-1254 pada Panel	<i>Subwoofer</i> PG-1254 pada <i>Vented-box</i>
F <sub>s</sub>	28,43 Hz	31,67 Hz
V <sub>as</sub>	149,52 L	115,75 L
Q <sub>ms</sub>	3,48	5,47
Q <sub>es</sub>	1,08	1,57
Q <sub>ts</sub>	0,82	1,22

Bl	6,71 T-m	6,08 T-m
Cms	0,37 mm/N	0,29 mm/N
Cas	$10,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{N}$	$8,29 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{N}$
Cmes	1789,53 $\mu\text{F}$	2323,09 $\mu\text{F}$
Rat	6306 $\Omega_A$	4963 $\Omega_A$
Zmax	14,31 $\Omega$	15,24 $\Omega$
dB SPL	87,02 dB	85,71 dB
$\eta_0$	0,22%	0,30%

Berdasarkan pada **Tabel 4.1**, nilai  $F_s$  (respon frekuensi) yang berbeda. Pada *vented-box*, nilai  $F_s$  yang dihasilkan lebih besar yaitu 31,6760 Hz daripada panel yaitu 28,4367 Hz. Perbedaan ini disebabkan oleh faktor *compliance* udara dalam *box*. Hal tersebut ditunjukkan dengan rangkaian listrik *vented-box* yang telah dibahas pada **Gambar 2.10** diatas. Berdasarkan skema tersebut, terlihat bahwa *vented-box* memiliki sistem rangkaian AC paralel. Sehingga hal tersebut membuat Rat (resistansi total) *loudspeaker* pada *vented-box* lebih rendah dibandingkan pada panel.

Ketika arus listrik dialirkan, sistem mekanik *loudspeaker* bergetar menghasilkan radiasi udara pada diafragma bagian depan dan belakang. Radiasi udara tersebut bergerak dengan massa udara dalam *box* yang akan menghasilkan *compliance* akustik pada *box*. Sebagian dari radiasi udara

tersebut juga akan keluar melewati *port* dengan massa udara dalam *port*. Sehingga menyebabkan radiasi akustik terjadi. Sesuai pada prinsip sistem rangkaian AC paralel, arus listrik yang mengalir lebih besar dan resistansi total yang terjadi menjadi lebih kecil. Hal tersebut telah ditunjukkan pada Rat (resistansi total) pada *vented-box* sebesar  $4963 \Omega_A$  lebih kecil daripada panel sebesar  $6306 \Omega_A$ .

Berdasarkan pada **Gambar 2.10** juga terlihat, arus listrik didefinisikan sebagai yang secara fisis dalam *box* berupa volume kecepatan udara dalam *cone*. Arus listrik yang besar itulah yang akan menyebabkan pergerakan *cone* menjadi cepat membuat volume udara yang dipindahkan di sekitar *cone* lebih sedikit. Hal tersebut dibuktikan pada hasil yang lebih kecil yaitu  $115,7505 \text{ L}$  daripada panel. Sehingga juga mempengaruhi frekuensi murni *loudspeaker* dan menghasilkan nilai  $F_s$  yang besar. Dapat ditunjukkan dengan persamaan .

Berdasarkan pada **persamaan 2.2** terlihat bahwa arus pada *vented-box* lebih besar sehingga membuat gerakan yang dihasilkan *cone* ( $F$ ) menjadi lebih lambat. Karena pada diafragma *loudspeaker* terdapat kompresi udara dari *box*, sehingga beban yang dipindahkan menjadi lebih banyak dan membuat pergerakan *cone* lebih lambat. Maka membuat nilai yang dihasilkan lebih rendah dan nilai  $B_l$  pada *vented-box* lebih rendah sehingga menghasilkan suara dengan respon *bass* yang bagus. Tetapi sebaliknya pada panel. Pada panel, nilai  $F_s$  lebih rendah sehingga menghasilkan nilai  $Q_{ts}$  yang rendah dan nilai  $V_{as}$  yang tinggi. Hal tersebut karena arus yang mengalir lebih kecil dan tidak terdapat kompresi udara pada ruangan. Menjadikan beban udara pada *cone* lebih ringan dan pergerakan *cone* menjadi lebih cepat sehingga dapat memindahkan banyak volume udara sehingga nilai  $V_{as}$  yang dihasilkan lebih besar daripada *vented-box*.

Sesuai dengan teori yang ada pada **sub-bab 2.4**, Qts yang tinggi menunjukkan bahwa *loudspeaker* tersebut memiliki kekuatan magnet yang lebih rendah. Sedangkan pada panel berlaku sebaliknya. Rangkaian listrik *loudspeaker* pada panel berlaku sistem rangkaian seri. Dimana pada sistem rangkaian seri, tegangan yang dialirkan lebih besar dan arus listrik yang mengalir lebih kecil. Arus listrik yang lebih kecil tersebut akan membuat pergerakan *cone* lebih lambat. Sehingga membuat udara yang terdapat di depan dan di belakang diafragma bergerak lebih banyak. Hal tersebut terlihat pada **Tabel 4.1**, yang menunjukkan bahwa pada panel yaitu sebesar 149,5255 L lebih besar daripada *vented-box*. Tetapi tidak mempengaruhi frekuensi murni *loudspeaker* dan menghasilkan nilai Fs yang lebih kecil.

Qts merupakan nilai total Q *loudspeaker* secara mekanis maupun elektrik yang menunjukkan tingkat kebagusan *loudspeaker* tersebut. Fs dan Qts berbanding terbalik dengan Vas. Jika Fs dan Qts bernilai besar, maka Vas bernilai kecil. Begitu juga sebaliknya.

Di dalam hasil pengukuran terlihat bahwa Re yang diinput sama pada panel dan pada *vented-box* yaitu sebesar 3,4  $\Omega$ . Re adalah hambatan saat *loudspeaker* tidak bekerja yang merupakan hambatan murni dari kawat *voice coil*. Tanpa ada faktor lain yg mempengaruhinya. Re disini berhubungan dengan nilai Qts. Jika Re yang diinput besar maka nilai Qts yang dihasilkan juga akan besar. Begitu juga sebaliknya. Disini karena menggunakan *loudspeaker* dengan tipe yang sama, maka Re yang digunakan sama. Pada *vented-box* nilai Qts yang dihasilkan lebih rendah daripada panel yaitu 0,8289. Dengan *loudspeaker* yang sama tentunya, nilai Qts yang dihasilkan tidak jauh beda. Hal tersebut dikarenakan adanya volume udara (Cab) yang termampatkan dalam *vented-box*



sehingga membuat driver bekerja lebih keras untuk menggerakkan udara di sekitar. Oleh karena itulah hasil  $Q_{ts}$  nya lebih besar daripada nilai  $Q_{ts}$  yang di panel. Karena  $Q_{ts}$  sebenarnya dari *loudspeaker* dapat dilihat sebelum *loudspeaker* tersebut diletakkan dalam *box*. Nilai  $Q_{ts}$  antara 0,2-0,5 biasanya digunakan pada sistem *vented-box*. Dan nilai  $Q_{ts}$  diatas 0,5 lebih baik jika menggunakan *closed-box*. Tetapi jika  $Q_{ts}$  yang dihasilkan 0,8 *loudspeaker* tetap dapat menggunakan sistem *vented-box* tetapi dalam *box* hanya dapat digunakan untuk satu *loudspeaker* saja. Dengan hasil  $Q_{ts}$  sesuai dengan yang didapatkan dari hasil pengukuran, *loudspeaker* subwoofer cocok menggunakan sistem *vented-box* *loudspeaker* karena hasil  $Q_{ts}$  pada panel 0,8.

merupakan nilai  $Q$  gerakan mekanis *loudspeaker* yang ditentukan oleh *surround* dan *spider*. Nilai yang dihasilkan pada *vented-box* lebih tinggi. Hal tersebut sesuai dengan persamaan 2.5 sehingga dipengaruhi oleh nilai  $F_s$  yang dihasilkan oleh diafragma *loudspeaker*. Volume udara yang dipindahkan pada *vented-box* tersebut rendah menyebabkan diafragma *loudspeaker* bergetar lebih lambat sehingga nilai yang dihasilkan juga lebih tinggi. Nilai  $Q_{ms}$  yang tinggi menunjukkan puncak impedansi yang tinggi sehingga dapat menghasilkan suara yang lebih keras.

yang dihasilkan *loudspeaker* PG-1254 pada *vented-box* lebih tinggi yaitu  $1,07 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{N}$  daripada pada panel  $8,29 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{N}$ . merupakan *compliance* akustik udara dari suspension (*surround* dan *spider*) *loudspeaker*. Sesuai dengan persamaan 2.12 . dipengaruhi oleh volume *box*. Semakin besar volume *box* yang digunakan, maka yang dihasilkan semakin besar. Sebelum *loudspeaker* dipasang, telah terdapat udara yang terkompresi di dalam *vented-box*. Sehingga ketika *loudspeaker* terpasang dan dialiri arus listrik, diafragma

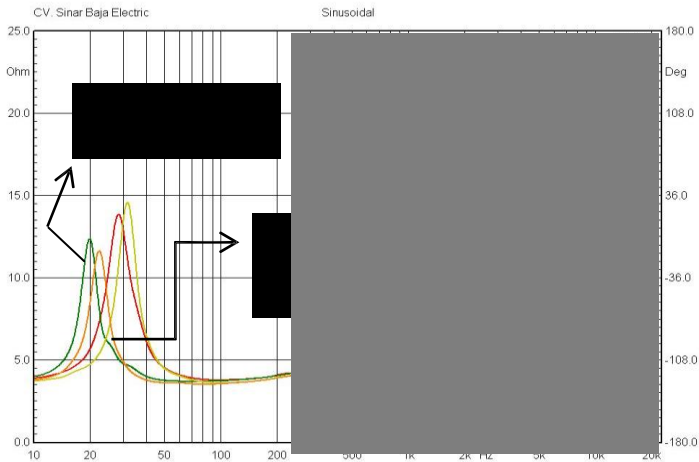
bergetar menggerakkan udara yang terkompresi di dalam *box* yang disebut . Karena udara yang terkompresi itulah yang menyebabkan dalam *vented-box* lebih tinggi. Volume *box* yang besar tidak akan begitu berpengaruh bagi *loudspeaker* berdiameter kecil. Karena *loudspeaker* tersebut hanya akan memindahkan sedikit volume udara dari diameternya yang kecil. Tetapi ada udara yang masuk juga dari lubang *port*. Sehingga terjadi perbedaan tekanan di dalam *box* tersebut. Perbedaan tekanan udara yang dimampatkan dikurangi tekanan udara yang keluar dari *loudspeaker* itulah nilai SPL *loudspeaker*. SPL yang dihasilkan *loudspeaker* PG-1254 pada *vented-box* lebih tinggi yaitu 87,0235 dB daripada panel yaitu 85,7153 dB. Itu berarti perbedaan tekanan yang terjadi pada lubang *port* sangat berpengaruh terhadap tingkat suara yang dihasilkan sistem *vented-box loudspeaker*. Karena sesuai dengan prinsip *vented-box*, terdapat tekanan udara yang masuk dari pergerakan diafragma yang juga menggerakkan tekanan udara referensi pada ruangan tersebut. Adanya lubang *port* juga memberikan kontribusi udara pada *box*. Terdapat udara yang keluar melalui *port* akibat hasil pergerakan diafragma bagian belakang *loudspeaker*. Sehingga terjadi perbedaan tekanan yaitu . Itulah SPL yang dihasilkan *loudspeaker* pada *vented-box*.

#### 4.12 Analisis Impedansi Loudspeaker pada Vented-box dan Panel

Pengukuran yang dilakukan menghasilkan grafik impedansi sesuai dengan tabel TS Parameter di atas yang dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dibawah ini. Garis merah menunjukkan *loudspeaker* PG-1254 sebelum diberi penambahan massa *clay* pada panel dan garis hijau menunjukkan setelah diberi penambahan massa *clay*.

Sedangkan garis kuning menunjukkan *loudspeaker* PG-1254 sebelum diberi penambahan massa pada *vented-box* dan garis orange menunjukkan setelah diberi penambahan massa *clay*. Impedansi adalah hambatan pada saat *loudspeaker* bekerja. Pada kondisi ini ada banyak faktor yang mempengaruhi besarnya impedansi. Dari kawat *voice coil*, medan magnet, kesesuaian suspensi (*spider* dan *surround*), dan massa dari beban akustiknya.

Puncak impedansi maksimum ditunjukkan pada titik puncak garis grafik sinusoidal tersebut yang juga menunjukkan nilai *loudspeaker* tersebut. Tetapi impedansi yang sesungguhnya dapat dilihat dari ketika garis tersebut pertama menurun dari titik puncak impedansinya. Sedangkan pada titik awal grafik impedansi menunjukkan nilai yang diinput pada *software* sesuai jenis *loudspeaker*. Pada grafik nilai terlihat lebih besar daripada nilai yang diinput. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh hambatan dari *tinsel lead* yang terpasang pada *loudspeaker* sehingga nilai menjadi lebih besar. **Gambar 4.3** menunjukkan hasil impedansi dari *loudspeaker* PG 1254 pada *vented-box* dan panel.



**Gambar 4.1** Hasil Pengukuran Impedansi *loudspeaker* PG 1254 menggunakan *Vented-box* dan panel

Terlihat pada **Gambar 4.3** dengan *loudspeaker* yang sama, menunjukkan grafik impedansi sesudah penambahan massa yang berbeda pada panel dan pada *vented-box*. Garis hijau menghasilkan impedansi maksimal sebesar 8,292  $\Omega$  pada frekuensi 19,807 Hz. Sedangkan garis orange menghasilkan impedansi maksimal sebesar 11,631  $\Omega$  pada frekuensi 22,337 Hz. Dengan *loudspeaker* yang sama, tentunya menghasilkan impedansi yang sama baik diletakkan pada *vented-box* maupun pada panel. Tetapi hasil impedansi yang terukur pada *vented-box* bergeser 5 Hz lebih rendah daripada panel. Itu karena pada *vented-box*, impedansi yang terukur tidak hanya impedansi murni dari *loudspeaker*. Melainkan impedansi dari *loudspeaker* dan *vented-box*. Nilai impedansi maksimum memang hanya dilihat pada sesudah penambahan massa.

Karena idealnya, proses pengukuran TS-Parameter hanya dilakukan sebelum *loudspeaker* diletakkan pada *box*. Jika pengukuran TS-Parameter dilakukan pada *box*, karakteristik murni *loudspeaker* tidak terukur. Karena pada *box* telah dipengaruhi oleh faktor *compliance* udara yang ada di dalamnya. Sesuai dengan rangkaian elektro akustik sistem *vented box* pada **Gambar 2.10**. Sehingga impedansi *loudspeaker* pun terpengaruh. Sedangkan pada panel, tidak terdapat kompresi udara di sekitar. Karena udara hanya sebatas pada ruangan pengukuran saja. Sehingga impedansi yang dihasilkan dapat dikatakan impedansi murni *loudspeaker*.

#### 4.13 Analisis Respon Frekuensi dengan Variasi *Loudspeaker* pada *Vented-box* dan Panel

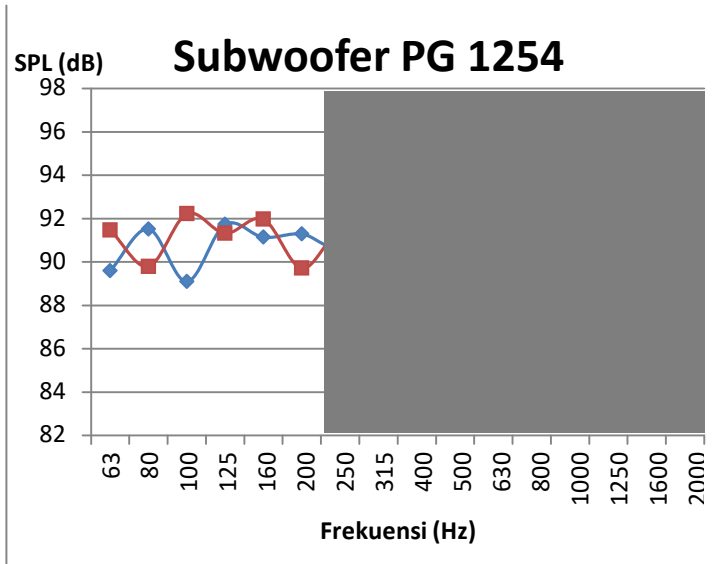
Respon frekuensi merupakan frekuensi murni dari karakteristik *loudspeaker* tersebut. garis warna merah menunjukkan respon frekuensi pada panel dan garis warna biru menunjukkan respon frekuensi pada *vented-box*. Puncak grafik respon frekuensi merupakan titik frekuensi tertinggi dimana *loudspeaker* dapat menghasilkan SPL yang maksimal. Jika *loudspeaker* diberi frekuensi di atas batas puncak tersebut, maka *loudspeaker* akan menghasilkan distorsi. *loudspeaker* menghasilkan nilai SPL yaitu 90,96 dB pada papan panel, dan 92,04 dB pada *vented-box*. SPL dalam *vented-box* lebih tinggi daripada SPL yang dihasilkan oleh papan panel. Karena ketika diafragma *loudspeaker* bergetar, akan memindahkan udara yang terdapat di dalam *box* (terkompresi di dalam *box*). Tetapi ada sebagian udara yang bergerak keluar melalui lubang *port* yang menimbulkan tekanan dalam *box*. Sehingga ada perpindahan udara yang masuk dari belakang diafragma *loudspeaker* dan ada sisa udara yang keluar melalui lubang

*port*. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh parameter TS untuk *vented-box* dan panel seperti pada **Tabel 4.2**

**Tabel 4.2** Hasil perbandingan TS Parameter *subwoofer* PG-1254 pada *vented-box* dan panel

TS Parameter	<i>Subwoofer</i> PG-1254	
	Panel	<i>Vented-box</i>
Fs	28,43 Hz	31,67 Hz
Vas	149,52 L	115,75 L
Qts	0,82	1,22
Cas	$10,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{N}$	$8,29 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{N}$
Zmax	14,31 $\Omega$	15,24 $\Omega$
dB SPL	82,71 dB	87,02 dB

Berdasarkan pada **Tabel 4.2**, terlihat adanya perubahan SPL antara *vented-box* dan panel. Hal ini disebabkan oleh pengaruh *compliance* udara yang terkompresi di dalam *box*. Terlihat pada **Tabel 4.3** bahwa nilai Cas *vented-box* lebih besar daripada panel. Karena Cas *vented-box* yang lebih besar, membuat impedansi yang dihasilkan juga menjadi lebih besar. Hal itulah yang membuat nilai frekuensi resonansi *loudspeaker* pada *vented-box* juga menjadi lebih rendah daripada panel. Frekuensi *vented-box* didapatkan dari persamaan 2.14 dan menghasilkan nilai sebesar 2,5. Sedangkan pada panel, frekuensi panel didapatkan dari persamaan  $\sqrt{\left( \frac{1}{Vas} + \frac{1}{V_{box}} \right)}$  dan menghasilkan nilai 0,048. Diafragma *cone* pun memindahkan volume udara lebih sedikit (Vas yang kecil) sehingga menyebabkan peningkatan pada nilai Fs dan kehilangan respon bass yang dihasilkan. Secara keseluruhan, nilai perbandingan frekuensi respon antara *vented-box* dan panel, terlihat pada **Gambar 4.4**



**Gambar 4.2** Grafik Hasil Pengukuran Respon Frekuensi *loudspeaker* PG 1254 menggunakan *Vented-box* dan panel

Pada **Gambar 4.4**, bahwa frekuensi *cut-off vented-box* dapat dihitung dengan persamaan 2.17, dan menghasilkan nilai 221 Hz. Hal itu menunjukkan bahwa batas ambang frekuensi *vented-box* hanya sebatas 221 Hz. Jika *loudspeaker* menghasilkan frekuensi diatas 221 Hz, maka akan menghasilkan distorsi. Diafragma *loudspeaker* pada *vented-box* menggerakkan lebih banyak volume udara sehingga membuat nilai  $F_s$  menurun dan menghasilkan respon bass. Nilai  $F_s$  tersebut telah terpengaruh dengan *compliance* udara sistem *vented-box* sehingga karakteristik murni *loudspeaker* tidak terukur. Hal tersebut telah sesuai dengan karakteristik sistem *vented-box*. Pemantulan suara hanya terjadi di dalam *vented-box* yang terdapat material peredam. Sehingga udara

yang digerakkan hanya sebatas udara yang terdapat di dalam *box*. Hal itu telah dibuktikan pada persamaan rasio *compliance*

— . Rasio *compliance* udara yang dihasilkan *vented-box* sangat kecil yaitu sebesar 8,29 : 10,7.

Sesuai dengan pernyataan *Thiele*, kerugian respon dari *Q box* akan lebih besar terjadi pada rasio *compliance* yang rendah. Dari rasio *compliance* tersebut didapatkan kerugian absorpsi dengan persamaan 2.19. Didapatkan hasil kerugian absorpsi pada *vented-box* sebesar 0,0089. Kerugian *port* didapatkan dari persamaan 2.20 yaitu sebesar 0,0033 dan kerugian kebocoran udara didapatkan dari persamaan 2.18 yaitu sebesar 112,05. Sehingga kerugian total *box* berdasarkan persamaan 2.21 sebesar 0,0024. Dengan  $Q_{box} < 5$  yang sangat rendah menunjukkan bahwa penyerapan kerugian memiliki pengaruh yang besar terhadap *box* yang berupa material peredam di dalam *box* dan kerugian *port* paling sedikit terjadi.

Adanya material peredam di dalam *vented-box* memiliki resistansi tersendiri ketika membran *loudspeaker* bergetar. Material peredam dalam *box* akan menyerap sebagian gelombang bunyi dari *loudspeaker* pada satu titik frekuensi dan sebagian lainnya akan lolos sebagai bunyi yang terdengar. Diketahui bahwa material peredam yang digunakan dalam *box* berupa *rockwool*. Material *rockwool* menyerap bunyi pada frekuensi tinggi diatas 500 Hz, sedangkan pada frekuensi rendah akan memantulkan bunyi. Terlihat bahwa pada frekuensi 100 Hz pada hasil grafik respon frekuensi *vented-box*, SPL yang dihasilkan rendah. Hal tersebut dikarenakan *rockwool* yang terpasang di dalam *box* telah memantulkan bunyi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada frekuensi 100 Hz tersebut merupakan karakteristik dari *vented-box* tersebut. Hal itu telah sesuai dengan prinsip sistem *vented-box loudspeaker*



yang menghasilkan bunyi pada frekuensi rendah. *Sehingga* membuat suara yang dihasilkan *loudspeaker* pada *vented-box* terdengar lebih sengau dan bulat dengan respon bass yang lebih bagus. Karena itulah SPL yang dihasilkan *vented-box* pada frekuensi 100 Hz lebih rendah dibandingkan panel. Sedangkan pada panel, terlihat bahwa pada frekuensi 100 Hz, SPL yang dihasilkan tinggi. *Loudspeaker* yang diletakkan pada panel tidak terdapat pengaruh dari material peredam karena hanya dipengaruhi oleh ruangan pengukuran sekitar. *Sehingga* suara yang dihasilkan pada panel terdengar lebih terbuka.

Dari hasil perhitungan nilai faktor kerugian Q yang dilakukan, diketahui pula efisiensi konstan dari *vented-box*. sesuai dengan bab tinjauan pustaka sebelumnya, nilai efisiensi dapat dihitung dari persamaan 2.24 untuk mengetahui kerugian *enclosure* dan persamaan 2.23 untuk mengetahui kerugian *driver*. Efisiensi kerugian *driver* dari sistem *vented-box* yaitu sebesar 0,77%. Sedangkan efisiensi kerugian *enclosure* yaitu sebesar 0,817%. Hal itu berarti bahwa sistem *enclosure vented-box* yang digunakan memiliki kerugian yang besar dan sangat berpengaruh pada TS parameter *loudspeaker*. Bisa berupa kesalahan pada bentuk desain *box* ataupun pada lapisan material peredam di dalamnya.

#### 4.14 Analisis TS Parameter dengan Variasi Loudspeaker pada Vented-box

Pada penelitian juga menggunakan variasi *loudspeaker*. Terdapat tiga macam variasi *loudspeaker* yaitu Sub-woofer PG-1254, Woofer CRV, dan Fullrange SBM-W. Ketiga *loudspeaker* tersebut berdiameter 12” yang memiliki luas area *cone* yang berbeda. *Subwoofer* memiliki kemampuan menghasilkan suara pada frekuensi rendah dari 20-200 Hz.

*Woofers* memiliki kemampuan menghasilkan suara pada frekuensi 40-1000 Hz. Sedangkan *Fullrange* memiliki kemampuan menghasilkan suara pada frekuensi *all way* yaitu mampu menghasilkan pada frekuensi rendah, menengah dan tinggi. Berikut **Tabel 4.3** hasil perbandingan *TS Parameter* dengan variasi *loudspeaker* tersebut pada *vented-box*.

**Tabel 4.3** Hasil Perbandingan TS Parameter dengan Variasi Loudspeaker pada Vented-box

<i>Vented-Box</i>			
<i>Thiele-small</i> Parameter	<i>Subwoofer</i> PG-1254	<i>Woofers</i> CRV	<i>Fullrange</i> SBM-W
Fs	31,6760 Hz	33,0951 Hz	48,4407 Hz
Vas	115,7505 L	188,3494 L	78,8611 L
Qms	5,4754	3,8336	4,0672
Qes	1,5720	2,0519	2,0036
Qts	1,2214	1,3365	1,3423
Bl	6,0818 T-m	5,6625 T-m	5,4307 T-m
Cms	0,2938 mm/N	0,5263 mm/N	0,2002 mm/N
Cas	$8,29 \cdot 10^{-7}$ m <sup>3</sup> /N	$1,35 \cdot 10^{-6}$ m <sup>3</sup> /N	$5,65 \cdot 10^{-7}$ m <sup>3</sup> /N

Cmes	2323,0980 $\mu\text{F}$	1370,5260 $\mu\text{F}$	1828,5640 $\mu\text{F}$
Rat	4963 $\Omega_A$	2668 $\Omega_A$	4334 $\Omega_A$
Zmax	15,2425 $\Omega$	20,6515 $\Omega$	10,9079 $\Omega$
Mms	85,9268 g	43,9449 g	53,9299 g
dB SPL	85,7153 dB	87,2436 dB	88,5296 dB

Berdasarkan **Tabel 4.3**, nilai  $F_s$  yang dihasilkan oleh *loudspeaker* SBM-W lebih besar daripada *loudspeaker* yang lain. SBM-W yang digunakan merupakan jenis *loudspeaker fullrange*. Nilai  $F_s$  yang dihasilkan lebih tinggi, maka nilai rendah karena volume udara yang dipindahkan hanya sedikit. Semakin rendah nilai  $F_s$  yang dihasilkan maka volume udara yang dipindahkan semakin besar. Sedangkan nilai yang dihasilkan *loudspeaker* tersebut berada di antara nilai *loudspeaker* lainnya. Hal tersebut membuktikan prinsip *loudspeaker fullrange* yang dapat mengatasi frekuensi rendah, tengah ataupun tinggi sehingga dapat dikatakan bahwa suspensi *driver* mencakup rentang frekuensi yang terjadi.

SPL yang dihasilkan SBM-W pun lebih besar dibandingkan *loudspeaker* lainnya. Itu berarti pada *loudspeaker fullrange* tersebut menghasilkan suara yang lebih keras ketika diletakkan pada *vented-box*. Dilihat dari hasil nilai yaitu 1,3423, sehingga *loudspeaker* tersebut tidak cocok menggunakan *vented-box*. Sedangkan pada *loudspeaker* PG-1254, nilai  $F_s$  yang dihasilkan lebih rendah daripada *loudspeaker* lainnya. Nilai yang dihasilkan menjadi lebih besar karena beban udara yang dipindahkan lebih banyak

akibat pergerakan diafragma yang lebih cepat. Hal tersebut menyebabkan nilai  $Q_{ts}$  yang dihasilkan juga lebih besar. Sesuai dengan jenisnya, *loudspeaker* PG-1254 merupakan *loudspeaker sub woofer* yang bekerja pada frekuensi rendah. Sub woofer dapat menghasilkan nilai SPL yang tinggi. *Loudspeaker* jenis ini cocok jika menggunakan sistem *vented-box*. Tetapi berdasarkan nilai  $Q_{ts}$  sebesar 1,2214 dan nilai SPL sebesar 85,7153 dB, membuat *loudspeaker* ini tidak cocok menggunakan *vented-box*. Hal tersebut dikarenakan pengukuran  $TS$  parameter telah dipengaruhi oleh sistem *vented-box* dengan *compliance* udara yang terkompresi di dalamnya. Sehingga *loudspeaker* terpengaruh dengan udara di dalam *box* dan tidak menunjukkan karakteristik murni *loudspeaker*.

Pada *loudspeaker* CRV, nilai  $F_s$  yang dihasilkan sebesar 33,0951 Hz. Nilai  $Q_{ts}$  yang dihasilkan sebesar 188,3494 L lebih besar daripada *loudspeaker* PG-1254. Karena udara yang dipindahkan lebih banyak. CRV ini merupakan jenis *loudspeaker* woofer yang dapat menjangkau frekuensi menengah. Secara teori, woofer tidak dapat menghasilkan nilai SPL yang besar. Nilai SPL yang dihasilkan hanya berkisar rata-rata 88 dB. Hal tersebut telah dibuktikan pada hasil nilai SPL yang terukur sebesar 87,2436 dB. Nilai  $Q_{ts}$  yang dihasilkan sebesar 1,3365 membuat *loudspeaker* woofer ini tidak cocok menggunakan *vented-box*.

#### 4.2 Pembahasan

Pada penelitian dilakukan pengukuran impedansi, frekuensi respon, dan *Thiele-small* Parameter. Dalam bab ini, semua hasil analisa data yang telah dibahas akan dirangkum. *Vented-box* merupakan suatu box yang memiliki dua lubang, satu lubang untuk *loudspeaker* dan satu lubang lainnya untuk

port. Sehingga ada udara yang terkompresi di dalam box sebelum *loudspeaker* diletakkan pada lubang box dan juga ada udara yang masuk dari lubang port.

Secara fisis, ketika *loudspeaker* dialiri arus listrik, cone akan bergetar menggerakkan udara yang ada di depan dan di belakang diafragma. Udara yang ada di depan diafragma akan bergerak masuk ke dalam box dan udara yang terkompresi di belakang diafragma akan keluar melalui port. Udara yang terkompresi di dalam box, sebagian akan terserap oleh material peredam di dalamnya dan sebagian lagi akan keluar untuk diteruskan sebagai bunyi. Perbedaan tekanan udara yang terjadi pada box tersebut akan menghasilkan bunyi. *Vented-box* cocok digunakan untuk *loudspeaker* berfrekuensi rendah seperti subwoofer.

Pada *vented-box*, frekuensi respon yang dihasilkan berupa frekuensi respon sistem dari *loudspeaker* dan *vented-box*. Terdapat banyak hal yang mempengaruhi karakterisasi *loudspeaker* pada *vented-box*. Diantaranya yaitu faktor compliance udara, frekuensi respon *vented-box*, nilai  $Q_{ts}$  *loudspeaker*, nilai  $Q_{es}$  *loudspeaker*, resistansi pada port, resistansi kebocoran udara, dan resistansi pada box. Rasio faktor compliance yang dihasilkan yaitu sebesar 8,29 : 10,7 yang berarti bahwa dengan faktor compliance yang rendah akan menimbulkan kerugian box lebih besar. Semakin besar nilai  $Q_{ts}$  dan  $Q_{es}$  *loudspeaker*, semakin kecil pula kerugian efisiensi yang dihasilkan oleh driver *loudspeaker*. Sehingga driver yang digunakan masih bagus dan memadai. Sedangkan resistansi pada port menunjukkan kerugian pada port yaitu sebesar 0,0033 yang berarti bahwa kerugian port yang dilapisi material peredam berpengaruh sangat kecil pada enclosure.

Untuk resistansi kebocoran udara menghasilkan kerugian kebocoran udara yaitu sebesar 112,05 yang berarti kerugian

kebocoran udara sangat besar terjadi pada *vented-box*. Resistansi box menghasilkan kerugian absorpsi pada material peredam didalamnya yaitu sebesar 0,0089 yang menunjukkan bahwa material peredam sedikit banyak mengabsorpsi bunyi yang dihasilkan. Dari kerugian port, kerugian kebocoran dan kerugian absorpsi didapatkan kerugian sistem *vented-box* tersebut sebesar 0,0024 dengan efisiensi kerugian box sebesar 0,63%. Sehingga *vented-box* tersebut mengalami kerugian sebesar 0,63% yang diakibatkan oleh bentuk desain box dan material peredam yang digunakan di dalam box. Sedangkan kerugian panel sebesar 0,014%

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut

- Pengaruh *vented-box* terhadap TS parameter *loudspeaker* yaitu terletak pada *compliance* akustik *box* sebesar  $8,29 \cdot 10^{-7}$  dengan rasio *compliance* udara sebesar  $8,29 : 10,7$  yang membuat kerugian respon *vented-box* lebih besar terjadi. Kerugian respon *vented-box* mencapai 0,63% sedangkan pada panel sebesar 0,014%. Kerugian yang besar terjadi pada *vented-box* yang diakibatkan oleh bentuk desain *enclosure* dan material peredam di dalamnya. Pada *vented-box* menghasilkan SPL yang lebih besar 5 dB daripada panel karena membutuhkan *power* yang lebih besar.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan dari penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :


1. Pada *vented-box*, *loudspeaker* yang diuji dapat menggunakan *loudspeaker* dengan frekuensi rendah sesuai dan dengan berbagai bentuk *vented-box* agar dapat lebih memastikan kesalahan desain *vented-box*.
2. Selama ini, penelitian tentang karakterisasi *vented-box* tidak ada yang diperbarui lagi selama berpuluh-puluh tahun lamanya. Diharapkan pembaca dapat terinspirasi dan mengembangkan penelitian terbaru tentang berbagai macam *vented-box* yang telah berkembang saat ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ballou Glen.2009. *Electroacoustic Devices: Microphones and Loudspeakers*. Burlington: Elsevier
- Beranek. Leo L.1959.*Acoustics*.New York: Acoustical Society of America through the American Institute of Physics
- Blastica.2015. *Parameter Thiele Small sebuah Loudspeaker*.  
<https://blastica.wordpress.com/2015/02/21/parameter-thiele-small-sebuah-loudspeaker/>. Diakses 2 maret 2017 pukul 10.31 WIB
- Blastica.2010.*Speaker Kotak Berlubang Port*.  
<https://blastica.wordpress.com/2015/04/06/speaker-kotak-berlobang-port/>. Diakses 14 September 2017 pukul 14.28 WIB
- Dickason Vance.2006.*The Loudspeaker Design Cookbook 7<sup>th</sup> Edition*.Peterborough,USA:Audio Amateur Press
- R.H. Small.1972.*Direct Radiator Loudspeaker System Analysis*.IEEE Trans Audio and Electroacoustics
- R.H. Small.2006.*Vented-box Loudspeaker System Part 1: Small Signal Analysis*. The University of Sydney
- Short Elliot.George.1988.*The Aperiodically Damped Loudspeaker System*. Virginia Polytechnic Institute and State University
- Weems. David B.1990.*Designing, Building & Testing Your Own Speaker System*. Pennsylvania:Tab Books Inc.
- Yolanda, 2015. *Sejarah Loudspeaker*.  
<https://www.audioengine.co.id/sejarah-speaker/>. Diakses 10 September 2017 pukul 08.20 WIB

**LAMPIRAN**  
**LAMPIRAN 1**  
**DATA SPESIFIKASI LOUDSPEAKER**  
a. *Loudspeaker (a) Woofer*  
**Tabel L1.1**Spesifikasi *loudspeaker (a) Woofer*

Model	
Diameter speaker	12 inch
Daya maksimum	30 Watt
Lebar daerah frekuensi	200, 250, 300, 400 Hz
Re	8 $\Omega$
SPL (2.83 V / 1 m)	87 Db
Berat magnet	0,721 kg / 25.24 Oz

b. *Loudspeaker (b) Fullrange*

**Tabel L1.2** Spesifikasi *loudspeaker (b) Fullrange*

Model	
Diameter speaker	12 inch
Daya maksimum	100 Watt
Lebar daerah frekuensi	200, 250, 300, 400 Hz
Re	3.6 $\Omega$
SPL (2.83 V / 1 m)	91 dB
Medan magnet	1,17 T
Berat magnet	0,721 kg / 25,24 Oz

c. *Loudspeaker (c) Subwoofer***Tabel L1.3** Spesifikasi *loudspeaker (C) Subwoofer*

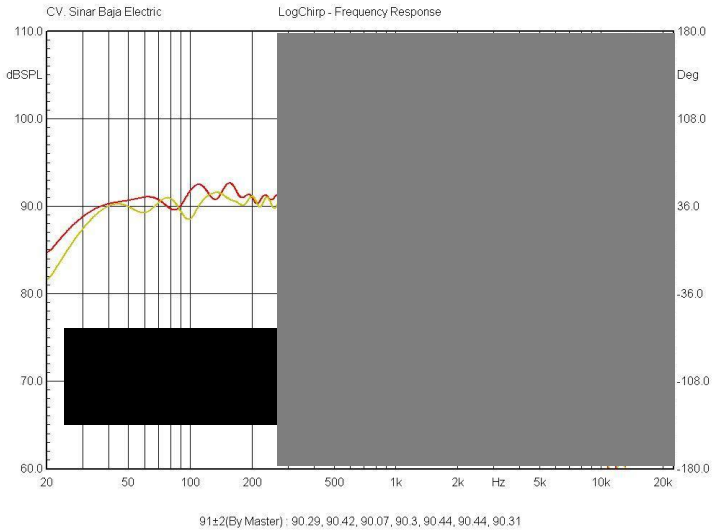
Model	
Diameter speaker	12 inch
Daya maksimum	200 Watt*
Lebar daerah frekuensi	200, 300, 400, 500 Hz
Re	3.4 $\Omega$
SPL (2.83 V / 1 m)	93 dB
Medan magnet	0.74 T
Berat magnet	0.813 kg / 28.49 Oz

## LAMPIRAN 2

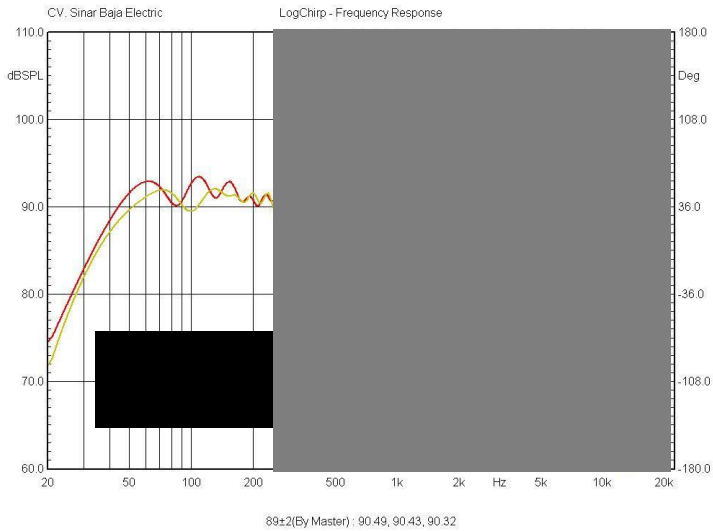
### DATA PERBANDINGAN FREKUENSI RESPON

Berdasarkan Perbedaan Panel dan *Vented-box*

**Gambar L2.1** Hasil Pengukuran Respon Frekuensi *loudspeaker* CRV menggunakan *Vented-box* dan panel

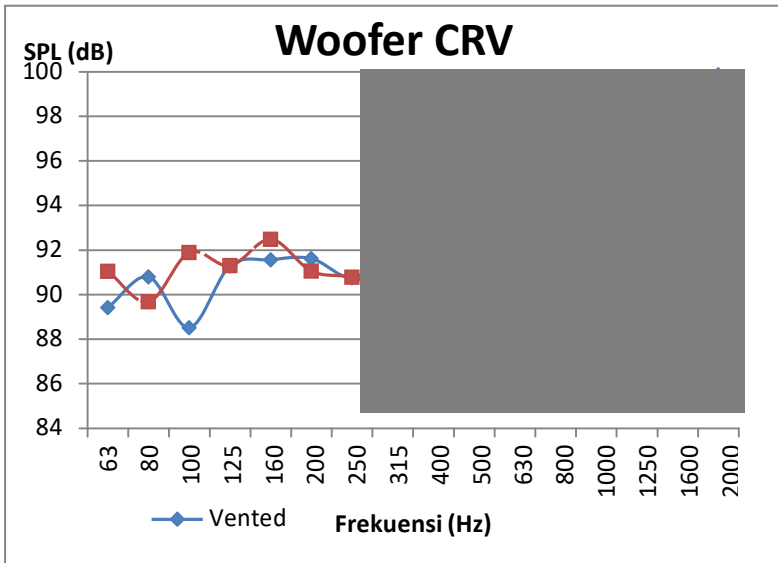


**Gambar L2.2** Hasil Pengukuran Respon Frekuensi *loudspeaker* SBM-W menggunakan *Vented-box* dan panel

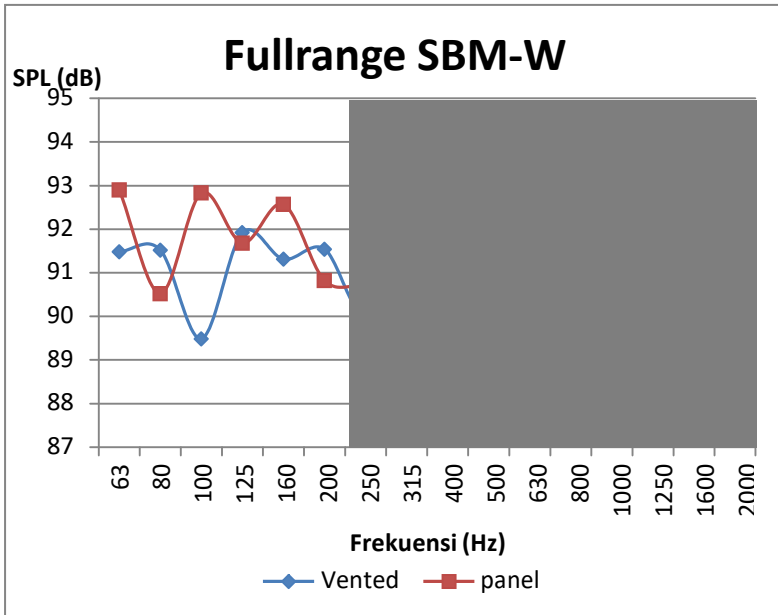


**LAMPIRAN 3**  
**DATA PERBANDINGAN FREKUENSI RESPON**  
**Berdasarkan Perbedaan Tipe *Loudspeaker***

**Gambar L3.1** Grafik frekuensi respon *Loudspeaker Woofer CRV* pada *vented-box* dan panel



**Gambar L3.2** Grafik frekuensi respon *loudspeaker fullrange* SBM-W pada *vented-box* dan panel

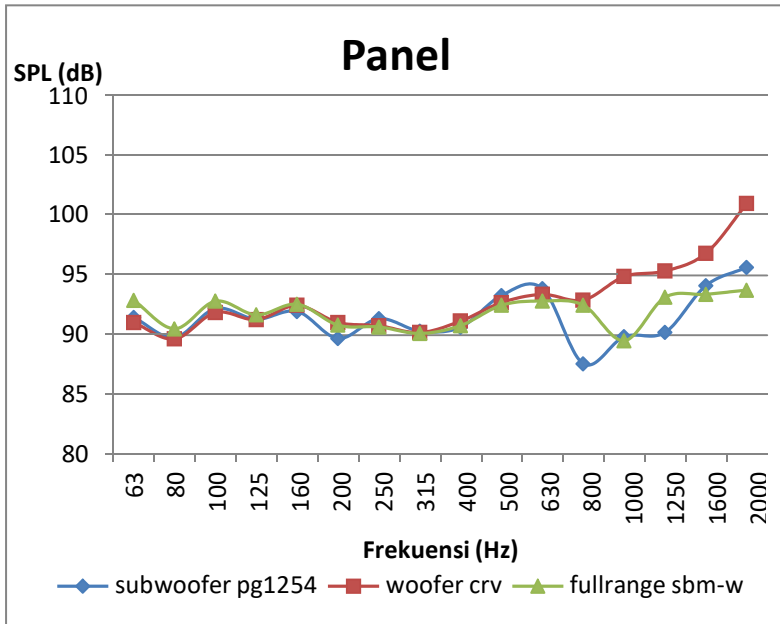




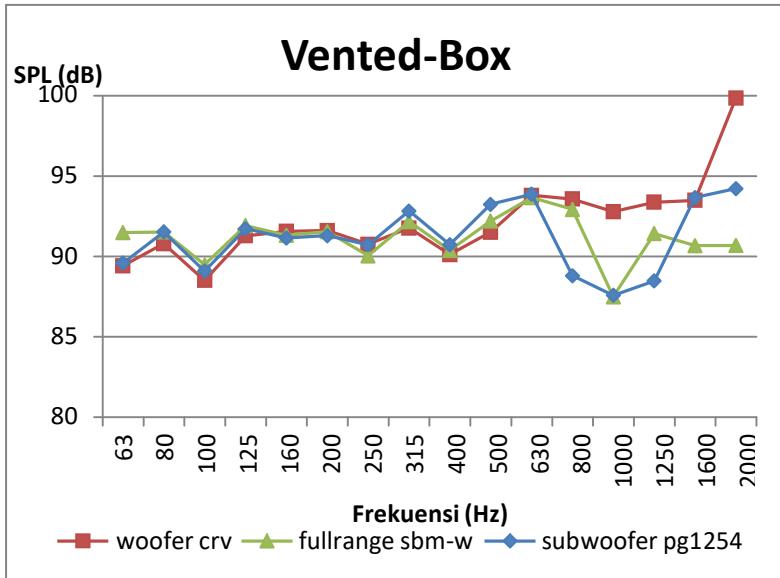
## LAMPIRAN 4

### DATA PERBANDINGAN FREKUENSI RESPON Berdasarkan Perbedaan Panel dan *Vented-box*

**Gambar L4.1** Hasil Perbandingan SPL berdasarkan variasi  
*Loudspeaker* pada Panel



**Gambar L4.2** Hasil Perbandingan SPL berdasarkan Variasi tipe Loudspeaker pada Vented-box



**LAMPIRAN 5**  
**DATA PERBANDINGAN *THIELE-SMALL* PARAMETER**  
**Berdasarkan Perbedaan *Vented-box* dan Panel**

**Tabel L5.1** Grafik frekuensi respon *Loudspeaker fullrange* SBM-W pada *vented-box* dan panel

<i>Thiele Small</i> Parameter	<i>Fullrange</i> SBM-W pada panel	<i>Fullrange</i> SBM-W pada <i>vented-box</i>
Fs	45,43 Hz	48,44 Hz
Vas	93,40 L	78,86 L
Qms	3,64	4,06
Qes	1,66	2,00
Qts	1,14	1,34
Bl	5,65 T-m	5,43 T-m
Cms	0,23 mm/N	0,20 mm/N
Cas	$6,69 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{N}$	$5,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{N}$
Cmes	1619,95 $\mu\text{F}$	1828,56 $\mu\text{F}$
Rat	4584 $\Omega_A$	4334 $\Omega_A$
Zmax	11,47 $\Omega$	10,90 $\Omega$
Mms	51,75 g	53,92 g
dB SPL	89,23 dB	88,52 dB

**Tabel L5.2** Hasil Perbandingan *TS Parameter loudspeaker CRV* pada Panel dan *Vented-box* dalam ruangan normal

<i>Thiele Small Parameter</i>	<i>Woofers CRV pada panel</i>	<i>Woofers CRV pada vented-box</i>
F <sub>s</sub>	27,77 Hz	33,09 Hz
V <sub>as</sub>	263,77 L	188,34 L
Q <sub>ms</sub>	3,02	3,83
Q <sub>es</sub>	1,50	2,05
Q <sub>ts</sub>	1,00	1,33
Bl	6,09 T-m	5,66 T-m
C <sub>ms</sub>	0,73 mm/N	0,52 mm/N
C <sub>as</sub>	$1,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{N}$	$1,35 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{N}$
C <sub>mes</sub>	1198,51 $\mu\text{F}$	1370,52 $\mu\text{F}$
R <sub>at</sub>	3019 $\Omega_A$	2668 $\Omega_A$
Z <sub>max</sub>	21,64 $\Omega$	20,65 $\Omega$
M <sub>ms</sub>	44,55 g	43,94 g
dB SPL	87,76 dB	87,24 dB

**LAMPIRAN 6**  
**DATA PERBANDINGAN *THIELE-SMALL* PARAMETER**  
**Berdasarkan Perbedaan Variasi *Loudspeaker* pada Panel**

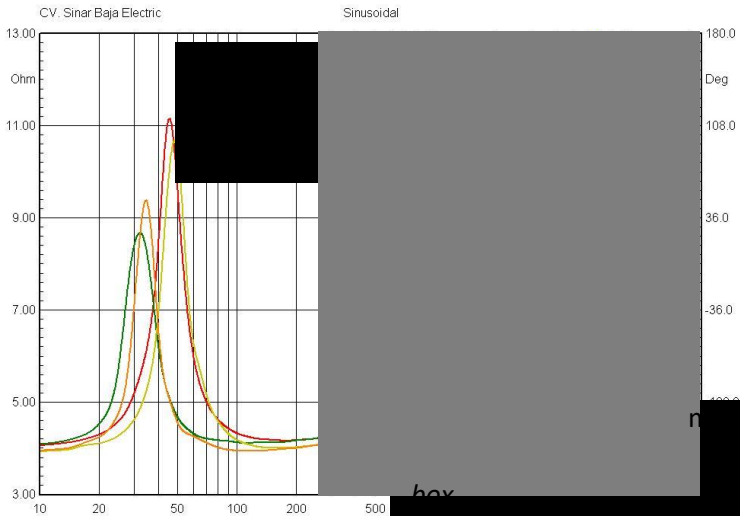
**Tabel L6.1** Hasil Perbandingan TS Parameter variasi *loudspeaker* pada panel

Panel			
<i>Thiele-small</i> Parameter	<i>Subwoofer</i> PG-1254	<i>Woofers</i> CRV	<i>Fullrange</i> SBM-W
Fs	28,43 Hz	27,77 Hz	45,43 Hz
Vas	149,52 L	263,77 L	93,40 L
Qms	3,48	3,02	3,64
Qes	1,08	1,50	1,66
Qts	0,82	1,00	1,14
Bl	6,71 T-m	6,09 T-m	5,65 T-m
Cms	0,37 mm/N	0,73 mm/N	0,23 mm/N
Cas	$1,07 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{N}$	$1,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{N}$	$6,69 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{N}$
Cmes	1789,53 $\mu\text{F}$	1198,51 $\mu\text{F}$	1619,95 $\mu\text{F}$
Rat	6306 $\Omega_A$	3019 $\Omega_A$	4584 $\Omega_A$
Zmax	14,31 $\Omega$	21,64 $\Omega$	11,47 $\Omega$
Mms	82,53 g	44,55 g	51,75 g

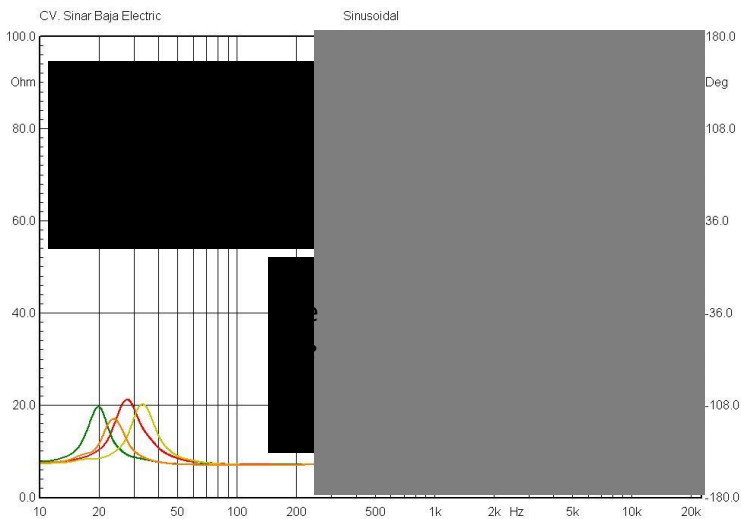
dB SPL	85,71 dB	87,24 dB	88,52 dB
--------	----------	----------	----------

**LAMPIRAN 7**  
**DATA PERBANDINGAN IMPEDANSI**  
**Berdasarkan Perbedaan *Vented-box* dan Panel**

**Gambar L7.1** Grafik Hasil Pengukuran impedansi *loudspeaker* SBM-W menggunakan *Vented-box* dan panel



**Gambar L7.2** Hasil Pengukuran Impedansi *loudspeaker* CRV menggunakan *Vented-box* dan panel



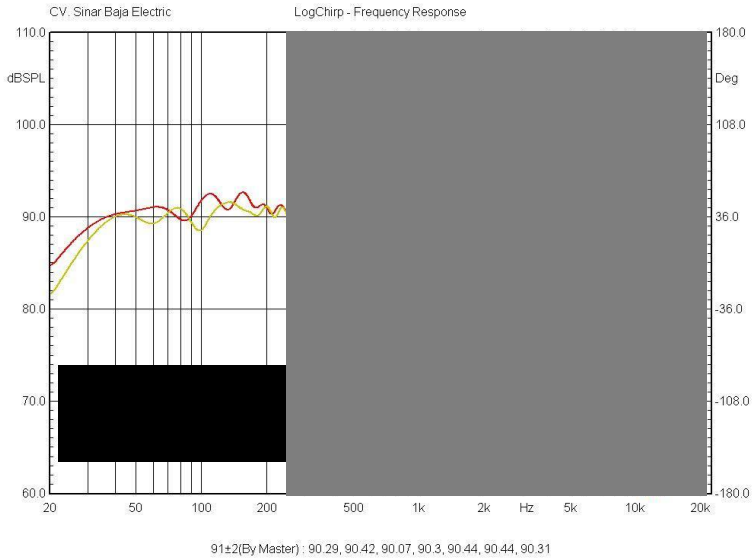


# LAMPIRAN 8

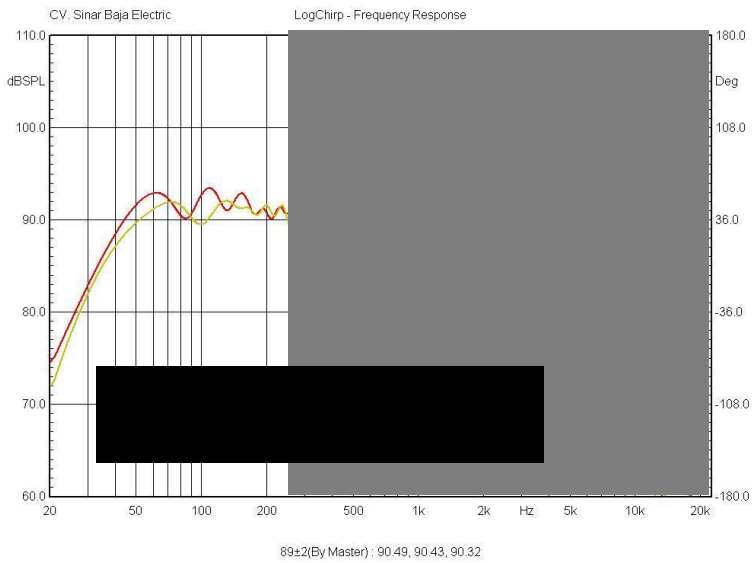
## DATA PERBANDINGAN RESPON FREKUENSI

### Berdasarkan Perbedaan *Vented-box* dan Panel

**Gambar L8.1** Hasil Pengukuran Respon frekuensi *loudspeaker* CRV menggunakan *Vented-box* dan panel



**Gambar L8.2** Hasil Pengukuran Respon frekuensi *loudspeaker* SBM-W menggunakan *Vented-box* dan panel



## LAMPIRAN 9

### DATA PERHITUNGAN VENTED-BOX DAN PANEL

#### 1. Pada *Vented-box*

- Perhitungan Massa udara dalam *vented-box*

$$\sqrt{\quad} \quad \sqrt{\quad}$$

- Perhitungan massa udara total dalam *vented-box*

$$\frac{\quad}{2} + \frac{\quad}{2} + \frac{(\quad + \quad)}{\frac{2}{2}}$$

- Perhitungan resistansi *vented-box*

$$\frac{\quad}{2^2 + (\quad + \frac{\quad}{2} + \frac{\quad}{2})}$$

$$(\quad)^2 + (\quad + \frac{\quad}{2})$$

$$+ \frac{\quad}{2}$$

- Perhitungan resistansi *port vented-box*

$$(\frac{\quad}{2}) \sqrt{\quad} [- + (\quad)]$$

$$- \sqrt{\quad} [- + (\quad)]$$

- Perhitungan frekuensi *cut-off vented-box*

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{V} \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)}$$

- Perhitungan frekuensi resonansi *vented-box*

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{V} \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)}$$

- Perhitungan efisiensi kerugian *driver* pada *vented-box*

$$\left( \frac{1}{2} \right) \frac{1}{\left( \frac{1}{2} \right) \left( \frac{1}{2} \right)}$$

- Perhitungan efisiensi kerugian karakteristik respon, *enclosure* pada *vented-box*

$$\left( \frac{1}{2} \right) \frac{1}{\left( \frac{1}{2} \right)^2}$$

- Perhitungan efisiensi kerugian total pada *vented-box*

$$\left( \frac{1}{2} \right) \left( \frac{1}{2} \right)$$

## 2. Pada Panel

- Perhitungan frekuensi resonansi panel

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{V} \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{V} \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)}$$

- Perhitungan efisiensi kerugian *driver*

$$\left( \frac{1}{2} \right) \frac{1}{\left( \frac{1}{2} \right) \left( \frac{1}{2} \right)}$$

- Perhitungan efisiensi kerugian karakteristik respon

$$(\quad) \frac{\quad^2}{\quad}$$

- Perhitungan efisiensi kerugian total pada Panel

$$(\quad) (\quad)$$

## **BIODATA PENULIS**



Widiyana Puspita Putrie merupakan nama penulis. Anak pertama dari Ir. Hari Sunjayana dengan Farida Ekarini. Penulis lahir di Mojokerto tanggal 16 Desember 1994. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN SOOKO 1 Kabupaten Sooko, melanjutkan pendidikan menengah di SMPN 1 Kota Mojokerto, melanjutkan pendidikan atas di SMAN 2 Kota Mojokerto. Dan setelah itu melanjutkan di perguruan tinggi di Jurusan Fisika ITS tahun 2013 hingga sekarang. Selain aktif di perkuliahan, penulis juga aktif mengikuti organisasi baik di luar kampus seperti Srikandi Project Surabaya dan Hijabers Surabaya Model yang juga bekerja sebagai Konsultan Kecantikan dan Mitra BPS Kota Mojokerto